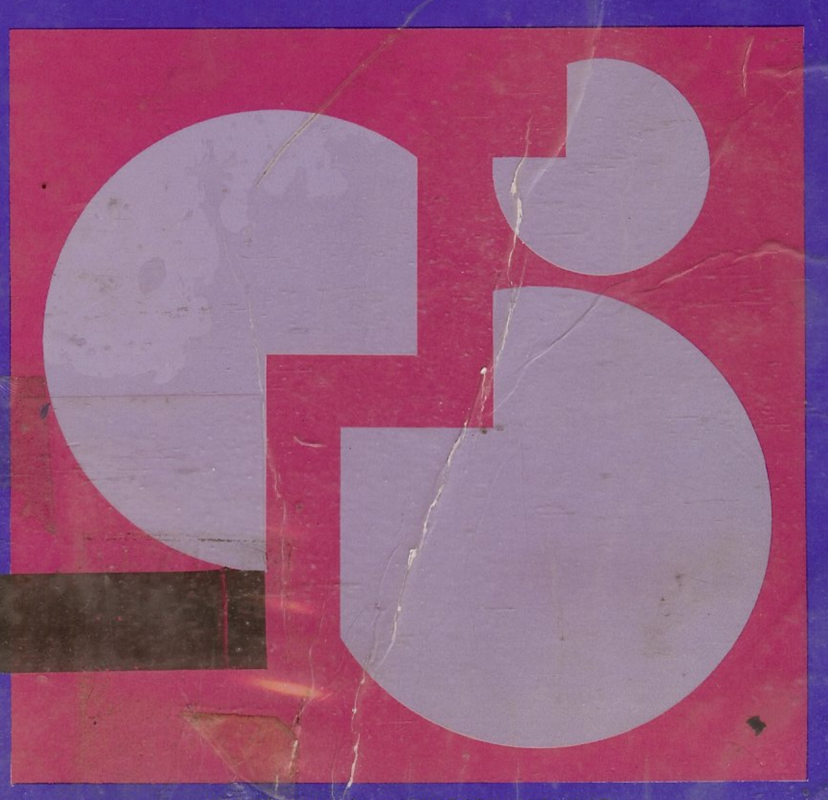
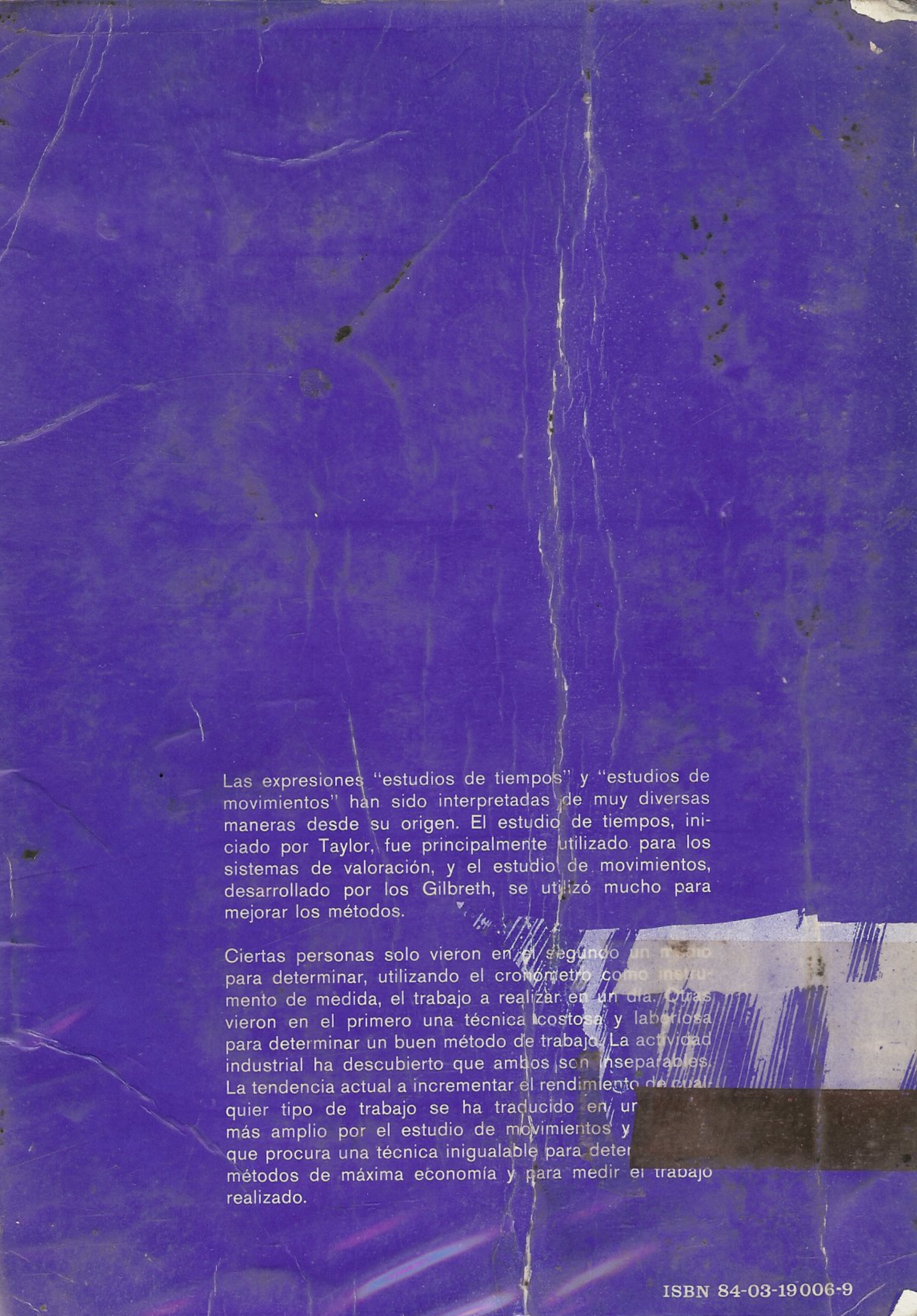
barnes

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS



ECONOMIA DE LA EMPRESA · AGUILAR



Las expresiones "estudios de tiempos" y "estudios de movimientos" han sido interpretadas de muy diversas maneras desde su origen. El estudio de tiempos, iniciado por Taylor, fue principalmente utilizado para los sistemas de valoración, y el estudio de movimientos, desarrollado por los Gilbreth, se utilizó mucho para mejorar los métodos.

Ciertas personas solo vieron en el segundo un medio para determinar, utilizando el cronómetro como instrumento de medida, el trabajo a realizar en un día. Otras vieron en el primero una técnica costosa y laboriosa para determinar un buen método de trabajo. La actividad industrial ha descubierto que ambos son inseparables. La tendencia actual a incrementar el rendimiento de cualquier tipo de trabajo se ha traducido en un [illegible] más amplio por el estudio de movimientos y [illegible] que procura una técnica inigualable para deter[illegible] métodos de máxima economía y para medir el trabajo realizado.

ISBN 84-03-19006-9

1. Estudio de métodos. Desarrollo del método mejor.

Análisis del proceso - Página 61

Diagrama del proceso — Página 78

HARINA · AGUA · MANTEQUILLA · BICARBONATO Y SAL · CAJAS · PAPEL · CAJAS DE CARTON

Distancia en m. · Símbolos · Descripción

Descarga del camión · Pesar en el depósito · Al almacén nº 14 · Inspección · En el almacén nº 14 · Carga · A la tolva · Vaciado en el depósito · Pesar · Al almacén nº 12 · En el almacén nº 12 · A la sala de mezcla · En la sala de mezcla · A la sala de mezcla · Sobre la carretilla · Al almacén nº 16 · Al departamento de empaquetado · En el almacén del 3er piso · A la plegadora · Al almacén nº 18 · A la máquina · Junto a la máquina · Al almacén nº 20 · Al departamento de empaquetado · Sobre la carretilla · A la mesa de empaquetado

Diagrama de recorrido — Página 80

DEPARTAMENTO DE DESBARBADO Y ENDEREZADO OPERS. 8,9,11,13,14,18,20 · DEPARTAMENTO DE INSPECCION · DEPARTAMENTO DE TALADROS PEQUEÑOS · DEPARTAMENTO DE FRESADO · DEPARTAMENTO DE TALADROS GRANDES · PRIMER PISO

Diagrama del proceso de grupo — Página 85

Descargador · Conductor · Aplicador

Nº	Nº DEL GRUPO 10 — FASES — DESCRIPCION
1	Cargar 2 cajas en la carretilla
1a	Cargar 2 cajas en la carretilla
2	Adelantar 2 cajas en el vagón
3	Recibir la carga - 4 cajas
4	6 m cargada
5	Dejar la carga
6	6 m descargada

Utilización del equipo Página 95

Diagramas de actividad · Diagrama hombre-máquina — Página 103

Operario	Tiempo	Ayudante	Tiempo	Máquina	Tiempo
Manipula la máquina	2,2	Envuelve los rollos (continuación)	0,3	Corta la cinta preparada	2,2
		Rotula los rollos	0,6		
		Los coloca sobre el plano inclinado	0,5		
		Prepara envolturas y rótulos	0,9		

Tiempo en minutos: 1,0 · 2,0

Análisis de la operación - Página 108

Diagrama de operación — Página 111

MANO IZQUIERDA	MANO DERECHA
Se dirige a las arandelas de goma del depósito 1	Se dirige a las arandelas de goma del depósito 1
Coge una arandela de goma del depósito 1	Coge una arandela de goma del depósito 1
Desliza hasta el orificio 5 la arandela de goma	Desliza hasta el orificio 5 la arandela de goma
Coloca sobre el orificio 5 la arandela de goma	Coloca sobre el orificio 5 la arandela de goma
Se dirige a las arandelas planas del depósito 2	Se dirige a las arandelas planas del depósito 2
Coge una arandela plana del depósito 2	Coge una arandela plana del depósito 2
Desliza la arandela plana hasta el orificio 5	Desliza la arandela plana hasta el orificio 5
Coloca sobre el orificio 5 la arandela plana	Coloca sobre el orificio 5 la arandela plana

Estudio de micromovimientos (Simograma) — Página 175

	DESCRIPCION MANO IZQUIERDA			TIEMPO EN 2000 AVOS DE MINUTO			DESCRIPCION MANO DERECHA
590							
600	Lleva el montaje a la caja	TC	7				
	Suelta el montaje	DC	8				
610	Se dirige hacia los pernos	TV	4		26	TV	Se dirige hacia las arandelas de seguridad
	Selecciona y coge un perno	S C	2				
620	Lleva el perno a la posición de trabajo	TC	17		6	S C	Selecciona y coge una arandela
630	Pone el perno en posición	PP	5		7	TC	Lleva la arandela al perno
640					6	PP	Pone la arandela en posición
					12	M DC	Monta la arandela y la suelta

2. Normalización de la operación. Página 331

Hoja de instrucciones normalizadas — Página 334

Oper.							Tiempo		Detalle de precios de equipo y herramientas
1	CARGAR Y PARAR							0,20	Tope del material giratorio
2	1½"	215	548	0,012	0,15	2⅝"	0,35	0,12	Cortador múltiple con dos herramientas
3	¾"	52	274	¼"	—	⅛"	0,15	0,12	Herramienta para refrentar y formar con herramienta de alta velocidad de corte
4	1½"	215	548	0,007	0,26	¼"	0,10	0,12	Bloque especial con 2 herramientas
5	¾"	40	198	16 P	—	¾"	0,05	0,12	Terraja de alta velocidad de corte para roscas de ¾ - 16
6	1½"	75	198	0,0045	1,10	¾"	0,85	0,12	Herramienta de corte de acero de alta velocidad

3. Medida del trabajo. Determinación del tiempo tipo.

Estudio de tiempos - Página 352

Estudio de tiempos con cronómetro — Página 412

HOJA DE OBSERVACIONES · ELEMENTOS

Estudio de producción — Página 424

TIEMPO TRANSCURRIDO EN MINUTOS · 7:00 · 7:30

Estudio mecanizado de tiempos — Página 432

Tiempos tipo Página 440

Datos de tiempos elementales — Página 450

Tiempos predeterminados - Pág. 483

Datos de tiempos predeterminados — Pág. anterior a 491

Muest. de trabajo - Pág. 526

Hoja de observaciones — Página 527

Estado	Recuento	Total
Trabajando		36
Inactivo		4

Fisiología del trabajo Página 564

Gasto de energía — Página 566

Ritmo cardíaco en latidos/min: 70 · 80 · 90 · 100 · 110

Reposo · Trabajo · Recuperación · Tiempo

4. Formación del operario. Página 620

Hoja de instrucciones — Página 624

PROCEDIMIENTO PARA MANIPULACION E INSPECCION DE FRASCOS

1. Coger frascos (2 filas de 3)
Coger 6 frascos (2 en la mano izquierda, 4 en la derecha)
Pulgares hacia el operario y demás dedos hacia el lado opuesto

5. Control de factores distintos de la mano de obra. Pág. 647

Utilización de la maquinaria
Utilización del material
Calidad
Desperdicio

Página 648

Utilización de la máquina — Ejemplo: Llenado automático de botellas, envases o paquetes de cereales

Calidad — Ejemplo: Inspección de cápsulas de gelatina, cojinetes de bolas, botones de nácar

Fig. 1.—Bosquejo gráfico del contenido de la obra.

RALPH M. BARNES
Profesor de Organización y Dirección de la Producción
en la Universidad de California, Los Angeles

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

Traducción revisada y ampliada
de acuerdo con la 5.ª edición norteamericana, por
RICARDO GARCIA-PELAYO ALONSO
Ingeniero Industrial
sobre la primera traducción española de la
3.ª edición americana, por
CARLOS PAZ SHAW
Ingeniero Industrial



AGUILAR

colección economía de la empresa

edición española

depósito legal m 3828/1979
quinta edición–tercera reimpresión–1979
ISBN 84-03-19006-9
printed in spain impreso en españa por selecciones gráficas
carretera de irún km 11,500 madrid

edición original

motion and time study design and measurement of work (5th edition)
authorized translation from the english language edition
published by john wiley & sons inc new york

PROLOGOS

PROLOGO DE LA PRESENTE EDICION

El gran desarrollo de las actividades industriales y comerciales en los últimos años ha traído consigo una mayor aceptación y un empleo más intenso de los estudios de movimientos y tiempos. Muchas prácticas de esta especialidad, que antes solo eran aceptadas en las fábricas más progresivas, son ya de uso general. Por otra parte, el estudio de movimientos y tiempos se aplica ahora a muchas y variadas actividades comerciales, así como a sectores muy alejados de la industria. Se están produciendo cambios rápidos en el campo mismo del estudio de movimientos y tiempos, hoy mucho más amplio, ya que ahora nos ocupamos también del proyecto de sistemas y métodos de trabajo. Nuestro objetivo es encontrar el método ideal o el más próximo al ideal que se pueda emplear con resultados prácticos, mientras en el pasado se concedía atención a la mejora de los métodos existentes, en lugar de definir el problema o formular el objetivo y luego buscar la solución preferible.

También ha cambiado la capacidad de las personas que trabajan en este campo, pues en gran proporción son hoy graduados de enseñanza superior, o bien gentes procedentes del taller o de la oficina, cuidadosamente seleccionadas y a quienes se ha preparado a fondo para la tarea. Este personal especializado dispone de mejores medios e instalaciones, hace amplio uso de las matemáticas, de la estadística y de equipos de elaboración electrónica de datos y mira hacia un futuro en el que se contará con aparatos y técnicas aún más perfectas para la obtención de datos y en la resolución de problemas complejos.

La misma atención y cuidadoso estudio que se ha concedido en el pasado a la mano de obra directa se extiende ahora a la mano de obra indirecta y a la evaluación y control de máquinas, procesos y materiales, incluyendo la consideración de factores tales como rendimiento, calidad, desperdicios y despilfarro. Tanto el ingeniero de organización como la alta dirección y los obreros están aprendiendo a apreciar mejor el valor de la cooperación y a trabajar juntos por el progreso de objetivos y metas comunes.

El principal propósito de esta revisión de Estudio de movi-

mientos y tiempos *ha sido el de presentar nuevo material relativo al proyecto de métodos y medida del trabajo e incluir nuevos y más variados ejemplos. En dicha revisión he mantenido mi propósito inicial de presentar los principios básicos sobre los que se apoya la feliz aplicación del estudio de movimientos y tiempos, completándolos con aclaraciones y ejemplos prácticos. Se han añadido cinco nuevos capítulos, referentes al proyecto del proceso y el procedimiento general de resolución de problemas aplicado al estudio de los métodos de trabajo; ingeniería humana, es decir, factores humanos en el proyecto; ampliación de la tarea y productividad de la mano de obra; medida del trabajo por métodos fisiológicos y estudio de métodos de trabajo: visión general. Se da nueva información sobre el campo y funciones del estudio de movimientos y tiempos y sobre la valoración de métodos alternativos. La parte dedicada al desarrollo de métodos mejores se ha ampliado con nuevo material sobre el empleo del método de eliminación para resolver problemas de estudio del trabajo. Se han incluido nuevos ejemplos sobre estudio de movimientos, mecanización y automatización. He utilizado los resultados de mis estudios sobre técnica de organización industrial como guía para la exposición y valoración de los métodos y técnicas más empleados en los Estados Unidos. De manera análoga, mis investigaciones en el campo general de las medidas fisiológicas me han suministrado mucho material para el capítulo, bastante completo, sobre fisiología del trabajo.*

Estoy profundamente agradecido a todos los que me han ayudado en la redacción de este volumen sobre estudio de movimientos y tiempos. Me he beneficiado del trabajo de muchas personas, y deseo demostrar mi especial reconocimiento a aquellos cuyos trabajos se mencionan en la obra, considerándome particularmente en deuda con Maytag Company y Procter and Gamble. Mi agradecimiento especial por la ayuda recibida se hace extensivo a más de cien empresas que me han proporcionado información relativa a sus métodos de organización, así como a los lectores de este libro, que, a través de los años, me han hecho muchas sugerencias valiosas.

RALPH M. BARNES.

Los Angeles, California, 1963.

PROLOGO DE LA PRIMERA EDICION

La tendencia actual a incrementar el rendimiento de cualquier tipo de trabajo se ha traducido en un interés más amplio acerca del estudio de movimientos y tiempos. Dondequiera que se realice trabajo manual existe siempre el problema de hallar el medio más económico de hacerlo y de determinar la cantidad de trabajo que debería hacerse en un período de tiempo dado. Esto viene acompañado de ordinario por algún plan de primas. El estudio de movimientos y tiempos procura una técnica inigualable para determinar los métodos de máxima economía y para medir el trabajo realizado.

Los términos «estudio de tiempos» y «estudio de movimientos» han sido interpretados de muy diversas maneras desde su origen. El estudio de tiempos, iniciado por Taylor, fue principalmente utilizado para los sistemas de valoración, y el estudio de movimientos, desarrollado por los Gilbreth, se utilizó mucho para mejorar los métodos.

Ciertas personas solo vieron en el estudio de tiempos un medio de determinar, usando el cronómetro como instrumento de medida, el trabajo que debería realizarse en un día. Otras vieron en el estudio de movimientos una técnica costosa y laboriosa de determinar un buen método de trabajo. En la actualidad, la discusión del valor comparativo de utilizar una u otra de estas dos técnicas es asunto acabado: la industria ha descubierto que el estudio de tiempos y el de movimientos son inseparables, según ha demostrado su uso combinado en muchas fábricas y oficinas. Habida cuenta de las presentes tendencias, y reconociendo el hecho de que el estudio de movimientos debe siempre preceder al establecimiento de un tiempo tipo, haremos uso en este volumen del término «estudio de movimientos y tiempos» con referencia a este amplio campo.

Puesto que todo trabajo manual se hace con las manos solas o en colaboración con otras partes del cuerpo, el estudio de los movimientos corporales resulta un paso previo para abordar eficazmente el problema de hallar los métodos mejores para hacer un trabajo. El entrenamiento en la técnica de estudiar los micro-

movimientos es una ayuda valiosa para analizar y mejorar las operaciones manuales, esto es, para aplicar los principios de la economía de movimientos; por esta razón, dicha técnica se estudia con detalle.

El estudio de los micromovimientos se define como el estudio de los elementos de una operación por medio de una película y un cronómetro, que indica exactamente los intervalos de tiempo en la película. Esto, a su vez, hace posible el análisis de los movimientos elementales registrados en la película y la asignación de valores de tiempo a cada uno. El estudio de los micromovimientos puede utilizarse con dos fines: primero, ayudar a encontrar el método más eficaz de hacer un trabajo; segundo, ayudar al entrenamiento de los individuos en la comprensión del significado del estudio de movimientos y, una vez efectuado a fondo este entrenamiento, a capacitarlos para ser eficaces en la aplicación de los principios de economía de movimientos. El segundo objetivo del estudio de los micromovimientos es, con mucho, el más importante de los dos.

La realización de cualquier trabajo manual de una manera efectiva presupone algún conocimiento previo de las capacidades y habilidades inherentes al cuerpo humano. En consecuencia, se han tenido en cuenta las investigaciones acerca del trabajo manual realizadas por ingenieros, fisiólogos y psicólogos, y los resultados que nos parecieron más útiles se han incluido en la presente obra. Aunque el material de los capítulos XV, XVI y XVII ha sido encabezado con el título de «Principios de la economía de movimientos», debiera quizá haberse designado con mayor exactitud con el de «Algunas reglas de la economía de movimientos y la reducción de fatiga». El autor ha seleccionado todo el material que ha podido reunir y que le ha parecido útil para la determinación de los mejores métodos de hacer un trabajo. De las veintidós reglas o principios expuestos en estos capítulos no son todos de igual importancia, ni tampoco el análisis incluye todos los factores que intervienen en la determinación de los mejores métodos de llevar a cabo una tarea. Sin embargo, esperamos que este material pueda ser de algún valor a quienes encuentren dificultad en dar con un tratamiento resumido del tema.

Al presentar la técnica del estudio de tiempos con cronómetro se ha intentado dar aquellas prácticas que proponen las normas de tiempo más satisfactorias, incluyendo ejemplos sencillos para aclarar los métodos. El autor ha seleccionado o desarrollado personalmente el material práctico utilizado en las ilustraciones del libro. Por otra parte, casi todo este material, en forma litografiada, ha encontrado un uso efectivo en las aulas de varios centros de enseñanza y en muchas industrias. La obra, por tanto, resultará valiosa para aquellos cuya misión sea supervisar el trabajo manual en cualquiera de sus aspectos. Los trabajadores, así como los directores e ingenieros, hallarán provecho en el estudio de este material; los múltiples comentarios recibidos de quienes usaron la edición litografiada nos indican que este material sirve no solo como texto en las escuelas técnicas y Universidades, sino como manual en las factorías, almacenes, hospitales, hogares y granjas.

Durante el período de varios años, a lo largo del cual ha sido escrito este libro, el autor ha recibido ayuda constante y consejo de muchos directores industriales, ingenieros y profesores, a quienes expresa su profunda gratitud. Merece especial agradecimiento la ayuda del profesor David B. Porter, de la Escuela de Organización en la Universidad de Nueva York, y de L. P. Persing, supervisor de tipos de salarios en la factoría de Fort Wayne, de la General Electric Company.

RALPH M. BARNES.

IOWA CITY, IOWA.
Marzo de 1937.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

CAPITULO I

DEFINICION Y OBJETO DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

Se han dado muchas interpretaciones a los términos *estudio de tiempos* y *estudio de movimientos*, desde su origen. El estudio de tiempos, iniciado por Taylor, se utilizó primordialmente para determinar los tiempos tipo, y el estudio de movimientos, debido a los Gilbreth, se empleó en gran parte para el perfeccionamiento de los métodos. Aunque Taylor y Gilbreth hicieron su trabajo de precursores aproximadamente hacia la misma época, parece ser que al principio se utilizaron más los estudios de tiempos y de primas sobre el salario que los estudios de movimientos. Hasta la década iniciada en 1930 no se manifestó un movimiento general hacia el estudio del trabajo con objeto de hallar los métodos mejores y más sencillos de ejecutar una tarea determinada. A estos años siguió un período durante el cual se emplearon conjuntamente el estudio de tiempos y el de movimientos, sirviéndose mutuamente de complemento y llevando así a primer plano la expresión *estudio de movimientos y tiempos.* En este campo se producen en la actualidad rápidos cambios. Hoy son mucho más amplios los fines del estudio de movimientos y tiempos, y han variado tanto su filosofía como su práctica en relación con las primitivas. Vamos a ocuparnos del modo de planear los sistemas y métodos de trabajo. Nuestro objetivo es hallar el método ideal, o el más cercano al ideal, que pueda ser utilizado en la práctica, mientras que en el pasado se trataba principalmente, con demasiada frecuencia, de mejorar los métodos existentes en lugar de definir cuidadosamente el problema, o formular el objetivo a alcanzar, para hallar después la solución preferible.

Algunos han sugerido que se empleen los términos *organización de métodos, proyecto del trabajo,* o *estudio del trabajo,* en lugar de *estudio de movimientos y tiempos,* y pudiera ocurrir que dichos términos llegaran a usarse ampliamente en Estados Unidos. Sin embargo, en la actualidad existe una tendencia concreta a considerar el término *estudio del trabajo* como sinónimo del estudio de movimientos, y el de *medida del trabajo* como equivalente a estudio de tiempos. Por ello, en este libro emplearemos indistintamente las expresiones *estudio de movimientos y tiempos,* y *estudio de métodos y medida del trabajo,* con los significados generales siguientes:

Definición del estudio de movimientos y tiempos.—El estudio de movimientos y tiempos es el análisis sistemático de los métodos de traba-

jo, con el fin de: 1) desarrollar el método y el sistema mejores: generalmente los de coste mínimo; 2) normalizar dichos sistema y método; 3) determinar el tiempo necesario para que una persona calificada, y convenientemente adiestrada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal, y 4) ayudar al operario a adiestrarse siguiendo el mejor método.

Como se ve en la definición que acabamos de dar, el estudio de movimientos y tiempos se compone de cuatro partes. Sin embargo, hay *dos partes principales,* a las que en este libro concederemos mayor atención, y que son:

Estudio de movimientos o *estudio de métodos* para hallar el mejor procedimiento de realizar el trabajo.

Estudio de tiempos o *medida del trabajo* para determinar el tiempo tipo de una tarea concreta.

1. *Desarrollo del método mejor. Estudio de métodos.*—En el más amplio sentido, toda empresa comercial o industrial se dedica a la creación de bienes y servicios utilizando, de una u otra manera, hombres, máquinas y materiales. Por ejemplo, en una fábrica, el proceso de producción puede incluir la adquisición de materias primas, la fabricación y montaje de diversas piezas y la entrega del producto terminado. Al proyectar un proceso de fabricación semejante, debe tenerse en cuenta el conjunto del sistema, así como cada operación individual que deba formar parte del mismo. Para ello se emplea el método general de resolución de problemas. En las ciencias físicas y en las aplicadas se conoce a este método de resolución de problemas como método sistemático o método científico. Escuetamente, dicho método puede exponerse como sigue:

a) *Definición del problema.*—Se prepara una exposición general del objetivo a conseguir, es decir, se formula el problema.

b) *Análisis del problema.*—Se obtienen los datos determinando las especificaciones y restricciones y se describe el método actual, si la actividad se está ya realizando.

c) *Búsqueda de las posibles soluciones.*—Se ensaya el método de eliminación, utilizando listas de control y aplicando los principios de economía de movimientos y se emplea imaginación creadora.

d) *Valoración de las diversas soluciones posibles.*—Se determina la mejor solución, que puede ser el método que dé el coste mínimo o requiera menos capital, el método que permita fabricar el producto en el menor plazo o el método que dé la calidad óptima o el mínimo desperdicio de material.

e) *Recomendaciones para la puesta en práctica.*—Se prepara un informe escrito y se expone verbalmente, teniendo a mano todos los datos necesarios y previendo las posibles preguntas y objeciones.

Por ello, el estudio de métodos se inicia considerando el fin o propósito, como fabricar un determinado producto, organizar un establecimiento de lavado y planchado o producir leche en una granja. El objetivo es concebir un sistema, una secuencia de operaciones y procedimientos que conduzcan a la mejor solución. A lo largo de este libro se presentarán detalladamente ciertas técnicas y aparatos que se han desarrollado a través de los años para servir de ayuda en la búsqueda de los mejores métodos de trabajo.

2. *Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas.*—Una vez determinado el mejor método de hacer un trabajo, se ha de proceder a su normalización. Generalmente, el trabajo se descompone en operaciones o tareas específicas, que se describen detalladamente, especificando el conjunto de movimientos especiales, el tamaño, forma y calidad del material, las herramientas, plantillas, dispositivos de fijación, calibres y máquinas o instalaciones. Estos factores, así como las condiciones que rodean al obrero, se han de conservar una vez normalizados. La forma más común de mantener las normas es una hoja de instrucciones normalizadas en la que se registran detalladamente la operación y las especificaciones para ejecutar el trabajo.

3. *Determinación del tiempo tipo. Medida del trabajo.*—El estudio de movimientos y tiempos puede utilizarse para determinar el número de minutos tipo que debe tardar una persona calificada, convenientemente adiestrada y experimentada, en ejecutar una determinada operación o tarea, cuando trabaja a un ritmo normal. Este tiempo tipo puede ser empleado en la planificación y programación del trabajo, en la estimación de costes o en el control de costes de mano de obra, o servir de base a un plan de primas sobre el salario. En la primera época, el tiempo tipo se refería algunas veces a un valor monetario, y con el nombre de tarifa *(piece rate)* expresada generalmente en pesetas por cien piezas, servía como procedimiento de pago a los trabajadores.

Aun cuando para establecer tiempos tipo se emplean ampliamente los tiempos elementales, los tiempos predeterminados y el muestreo de trabajo, el método más común de medir un trabajo manual quizá sea el estudio de tiempos con cronómetro (1). La operación que se ha de estudiar se divide en elementos pequeños y cada uno de ellos se cronometra con exactitud. Para cada uno de dichos elementos se encuentra un valor de tiempo representativo o seleccionado, y se suman todos estos valores a fin de obtener el tiempo total elegido para ejecutar la operación. El

(1) Un estudio de 82 empresas muestra que para la fijación de tiempos-tipo, el 100 por 100 utilizan el estudio de tiempos; el 89 por 100, tiempos elementales; el 41 por 100, tiempos predeterminados y el 49 por 100, el muestreo de trabajo. Ralph M. Barnes: *Industrial Engineering Survey.* Universidad de California, 1963.

observador del estudio de tiempos valora la velocidad desarrollada por el operario durante el estudio y luego corrige el tiempo elegido mediante este factor de valoración, a fin de que un operario calificado, trabajando a ritmo normal, pueda hacer el trabajo con facilidad en el tiempo especificado. A este tiempo corregido se le conoce con el nombre de tiempo normal, al cual se añaden los suplementos por necesidades personales, fatiga y esperas, cuya suma total es el tiempo tipo del trabajo.

4. *Adiestramiento del operario.*—El estudio cuidadoso de un método para realizar un trabajo es de poco valor a no ser que pueda llevarse a la práctica. Es necesario enseñar al operario a realizar el trabajo en la forma prescrita.

Donde hay solo una o muy pocas personas dedicadas a realizar una operación y el trabajo es relativamente sencillo, es costumbre adiestrar al operario en su propio lugar de trabajo. Como profesor puede actuar el contramaestre, el analista del estudio de movimientos y tiempos, un instructor especial o un operario hábil. En la mayor parte de los casos el responsable de la enseñanza del operario es el contramaestre, quien depende frecuentemente del departamento de métodos y normas y de él recibe la colaboración que necesite en esta tarea. El encargado tiene una ayuda valiosa para estos menesteres en las hojas de instrucciones normalizadas u hojas de descomposición en elementos. Cuando se ha de preparar a un número grande de empleados para una sola operación, el adiestramiento se realiza a veces en un departamento de aprendizaje separado. En estos programas de aprendizaje se utilizan con gran éxito diagramas, demostraciones y películas.

Campo de aplicación.—A fin de obtener una idea de conjunto y para exponer las relaciones, es deseable agrupar en forma de tabla los medios y técnicas del estudio de movimientos y tiempos (véase Fig. 1), así como mostrar el campo del mismo en su totalidad (véase Fig. 2).

En el pasado se daba la máxima importancia a la mejora de los métodos existentes y se estableció la costumbre de comenzar por un estudio detallado del método que ya se aplicaba. De acuerdo con ella, si se obtiene un método mejor, se lleva a la práctica, se le enseña al obrero, se prepara una hoja de instrucciones normalizadas y se fija un tiempo tipo para la tarea. Ahora bien, cuando se trata de una nueva fabricación o de un nuevo servicio, hay que partir de cero, pues no existe ningún "método anterior" a mejorar. En tal caso hay amplia libertad para concebir el sistema y el método ideales. Es evidente que este mismo camino debe seguirse aun cuando se examine una actividad ya existente, con el propósito de encontrar un método mejor de trabajo. Desde luego, debe tenerse en cuenta el método actual, pero no debe atacarse el problema tratando de *mejorar* el método que ya se aplica, sino de conseguir un método ideal.

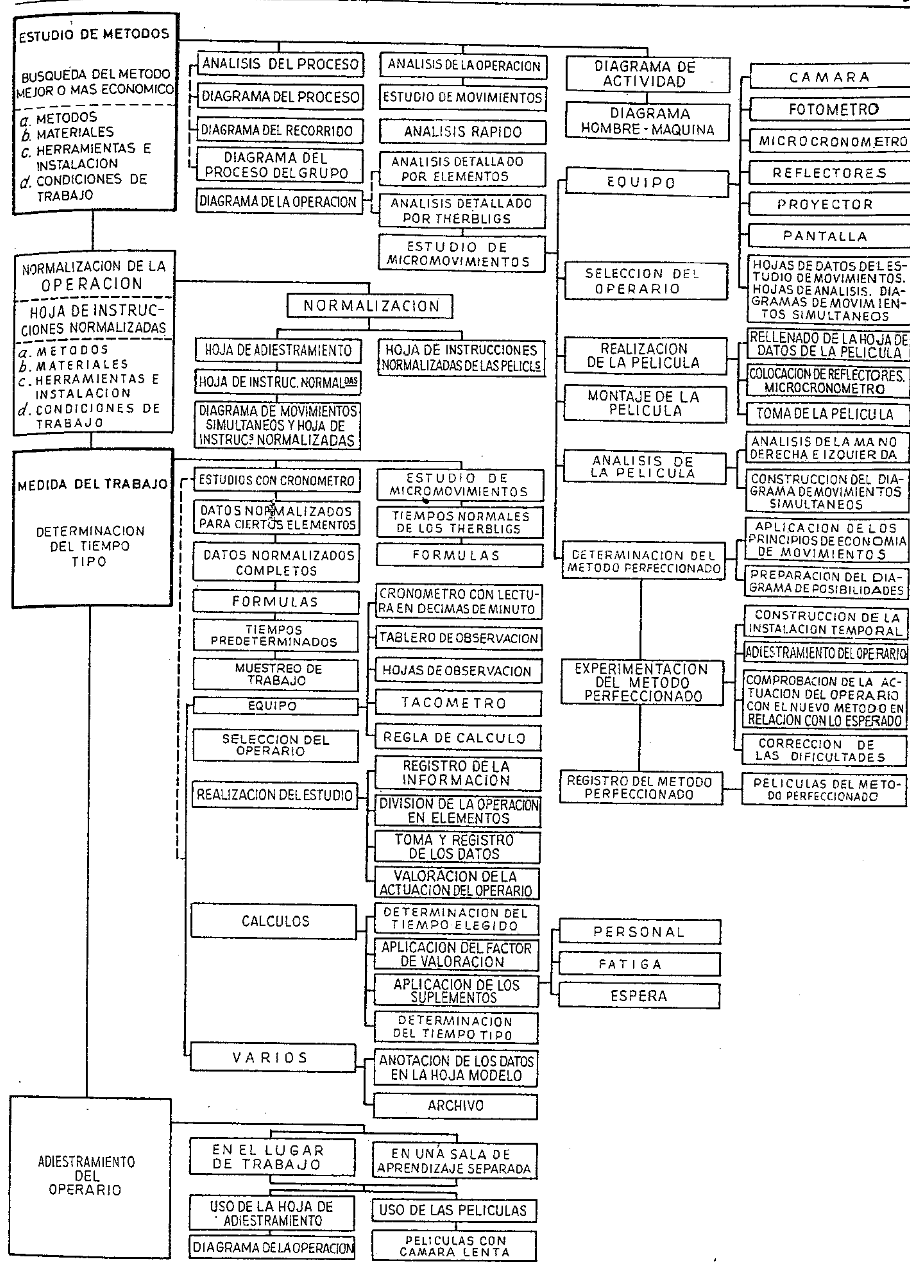


FIG. 2.—Campo del estudio de movimientos y tiempos.

El estudio de métodos, pues, tiene como meta encontrar el método ideal, o el más cercano a él que pueda emplearse realmente, al que llamamos método preferible. De manera análoga, un estudio sistemático de los materiales puede conducirnos a su mejor utilización, mejor calidad y menores costes. Así, pues, tenemos un procedimiento sistemático de aumentar el rendimiento de la mano de obra, la utilización de la maquinaria e instalaciones y la economía de los materiales.

Hasta época bastante reciente, las aplicaciones del estudio de movimientos y tiempos se limitaban a la mano de obra directa. Sin embargo, al aumentar el número de personas informadas acerca de los objetivos, métodos y técnicas del estudio de tiempos y movimientos, se han encontrado nuevas aplicaciones para él; la gente empieza a comprender que sus principios son universales e igualmente eficaces dondequiera que se empleen hombres y máquinas. En la actualidad, la atención se centra sobre el aumento de la productividad por hombre-hora y sobre la reducción de costes, por dos razones principales: 1) el rápido aumento de los salarios por hora tiende a aumentar los costes atribuibles a la mano de obra; 2) el rápido aumento de las inversiones de capital y el crecimiento de los costes de funcionamiento de las máquinas, herramientas e instalaciones tiende a aumentar la proporción del "coste horario de máquina" o el coste total. Además, la necesidad de aumentar la producción de bienes y servicios constituye otro incentivo para acrecentar la productividad de hombres y máquinas y, por tanto, es natural que los métodos y técnicas que han demostrado ser eficaces en el aumento del rendimiento de la mano de obra directa se apliquen en otros campos.

Mano de obra indirecta.—Al aumentar el empleo de la mecanización y de la automatización, disminuye la importancia relativa de la mano de obra directa, en tanto que debe concederse mayor atención a la mano de obra indirecta. Las operaciones habituales de la industria se realizan mediante máquinas cada vez más complejas, por lo que requieren personal mejor preparado para su manejo, servicio y mantenimiento. La introducción de la cámara cinematográfica, la elaboración automática de datos, el muestreo de trabajo, la teoría de las colas y otras técnicas y procedimientos para registrar, analizar y medir actividades no repetitivas ha hecho rentable el estudio de muchas clases de actividades de grupo no reiterativas. Con tales estudios se ha conseguido aumentar la eficacia de la mano de obra y la utilización de las máquinas, y también, en muchos casos, incrementar la velocidad de estas, mejorar la calidad y el rendimiento y reducir en notable proporción los desperdicios de material.

Trabajo administrativo.—Simultáneamente con el aumento de la importancia relativa de la mano de obra indirecta, el trabajo administrativo ha sufrido un incremento enorme en los últimos años. En ciertas organizaciones y durante los últimos quince años, los trámites administrativos han pasado a ser más del doble. Algunas empresas han extendido sus actividades de estudio de movimientos y tiempos a los trabajos de oficina y otras han establecido un departamento exclusivo para el estudio de los métodos y procesos administrativos. La simplificación de los trámites, la medida del trabajo de oficina, el análisis de sistemas y procesos, la mecanización y la instalación de equipos de elaboración automática de datos son algunas de las medidas tomadas para aumentar la productividad y reducir los costes del trabajo de oficina.

Los Bancos, casas de venta por correspondencia, hospitales, grandes almacenes y supermercados obtienen valiosos resultados aplicando a sus actividades los principios del estudio de movimientos y tiempos, y se han realizado grandes avances en la simplificación del trabajo en explotaciones agrícolas y diversas ramas de la Administración civil y militar, habiendo encontrado los contratistas y proveedores altamente beneficiosos estos principios.

CAPITULO II

HISTORIA DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

Con objeto de comprender cómo el estudio de los tiempos ha llegado a alcanzar el amplio significado que se ha indicado en el capítulo precedente, es necesario volver atrás e investigar su origen, así como examinar el uso que se ha hecho del estudio de los tiempos y del estudio de los movimientos durante los últimos cincuenta años.

Empleo del estudio de tiempos por Taylor.—Está generalmente admitido que el estudio de tiempos tuvo sus comienzos en el taller mecánico (1) de la Midvale Steel Company, en 1881, y que Federico W. Taylor fue su creador. La definición y explicación que da Taylor del estudio de los tiempos es como sigue (2):

El estudio de tiempos es, de los elementos de organización científica del trabajo, el que hace posible la "transmisión de conocimientos desde la dirección a los hombres"... "El estudio de tiempos" se realiza en dos amplias fases: la primera comprende un trabajo analítico y la segunda uno constructivo.

El trabajo analítico se desarrolla como sigue:

a) Dividir el trabajo de un hombre que realiza una tarea en movimientos elementales sencillos.

b) Descubrir todos los movimientos inútiles y prescindir de ellos.

c) Estudiar, uno tras otro, cómo hacen cada movimiento elemental varios trabajadores calificados y, con la ayuda de un cronómetro, seleccionar el método mejor y más rápido para hacer los movimientos conocidos en la profesión.

d) Describir, registrar y clasificar cada movimiento elemental con su tiempo correspondiente, de forma que pueda ser hallado rápidamente.

e) Estudiar y registrar el porcentaje que sobre el tiempo de trabajo de un buen trabajador debe ser añadido para incluir retrasos inevitables, interrupciones, pequeños accidentes, etc.

f) Estudiar y registrar el porcentaje que debe añadirse para cubrir el período de adaptación de un buen trabajador a una tarea que hace por primera vez. (Este porcentaje es bastante elevado en trabajos compuestos por un número grande de elementos diferentes, que dan lugar a una secuencia larga que se repite con poca frecuencia. Dicho porcentaje disminuye cuando el trabajo consiste en un número más pequeño de elementos diferentes que se repiten con mayor frecuencia.)

g) Estudiar y registrar el porcentaje de tiempo que debe concederse para descanso, así como los intervalos en que debe tomarse ese descanso, con objeto de eliminar la fatiga.

(1) Subcomisión de Administración de la A.S.M.E.: "The Present State of the Art of Industrial Management", *Transactions of the A. S. M. E.*, volumen XXXIV, páginas 1197-198, año 1912.

(2) *Idem*, págs. 1199-200.

El trabajo constructivo se desarrolla del modo siguiente:

h) Reunir en grupos las combinaciones de movimientos elementales en el mismo orden que se suceden en la práctica y registrar y clasificar estos grupos de forma que puedan ser encontrados rápidamente.

i) De estos registros es relativamente fácil seleccionar la serie de movimientos más apropiados para realizar un trabajo determinado y, sumando los tiempos de estos movimientos y añadiendo los porcentajes de suplementos adecuados, obtener el tiempo en que debe hacerse cualquier tipo de trabajo.

j) La descomposición de una tarea en sus elementos casi siempre revela el hecho de que muchas de las condiciones en que se desarrolla dicho trabajo son defectuosas; p. ej., que las herramientas empleadas son inadecuadas, que las máquinas utilizadas necesitan perfeccionamientos, que son malas las condiciones sanitarias, etc. El conocimiento obtenido de esta forma conduce frecuentemente a realizar un trabajo constructivo de orden superior, a la normalización de las herramientas y las condiciones y a la invención de máquinas y métodos más perfectos.

De la definición anterior se deduce que Taylor hizo algún uso del estudio de movimientos, como una parte de su técnica del estudio de tiempos. Sin embargo, se preocupó más de los materiales, las herramientas y las instalaciones en relación con el perfeccionamiento de los métodos. Queda para los Gilbreth el desarrollo del estudio de los movimientos, tal como lo conocemos en la actualidad.

Siendo importante la contribución de Taylor como creador del estudio de tiempos, este sólo representa una de sus muchas realizaciones. A él se debe también la invención de los aceros rápidos, el descubrimiento y valoración de las variables que influyen en el corte de los metales, la creación del sistema funcional de organización y el desarrollo del sistema o filosofía comúnmente conocido como organización científica del trabajo. Estos resultados no fueron accidentales, sino la consecuencia de un estudio sistemático de los factores que afectaban a un problema en cada caso. La contribución real de Taylor a la industria fue su método científico, sustituyendo procedimientos rutinarios por otros deducidos de un análisis previo. Su actitud crítica y su constante investigación de las causas le proporcionaron un lugar preferente, que todavía mantiene, como precursor de la ciencia de la dirección; fue al mismo tiempo un descubridor de la aplicación del planteamiento sistemático a aquella fase de la producción que afecta íntimamente al trabajador. Comprendió que trataba con problemas humanos tanto como con materiales y máquinas, y en sus investigaciones tuvo muy en cuenta los aspectos psicológicos al estudiar el elemento humano (3).

(3) Algunos sostienen que Taylor tan solo trataba de obtener más trabajo de los operarios y que sus métodos no eran científicos. Para el conocimiento de las objeciones a los métodos de Taylor pueden consultarse:

a) R. F. Hoxie: *Scientific Management and Labor.* D. Appleton & Co. Nueva York, 1915.

La contribución de Taylor al problema de una utilización efectiva del esfuerzo humano en la industria es tan grande, que resulta provechoso pasar revista a algunos de sus trabajos en esta especialidad. Taylor procedía de una familia acomodada de Filadelfia; se preparó en la Academia Phillips Exeter para entrar en la Universidad de Harvard, cosa que consiguió con matrícula de honor después de un año y medio de preparación en dicha Academia, pero a costa de dañar seriamente su vista. Obligado por ello a renunciar a sus estudios, a los dieciocho años entró en un taller mecánico, donde hizo el aprendizaje de mecánico y modelista. En 1878, cuando tenía veintidós años de edad, empezó a trabajar en los talleres de la compañía Midvale Steel como peón, debido a la mala situación económica general en aquellos momentos; fue ascendido rápidamente a listero y luego a oficial; más adelante, tornero, jefe de sección, contramaestre del taller de máquinas, y, a la edad de treinta y un años, fue nombrado ingeniero jefe de los talleres. Durante los primeros años que trabajó en Midvale estudiaba por las noches, alcanzando, en 1883, el título de ingeniero mecánico por el Instituto Stevens.

Los principios de dirección de Taylor.—Cuando Taylor trabajaba como jefe de sección y contramaestre tuvo que enfrentarse con problemas tales como: "¿Cuál es la mejor forma de hacer este trabajo? ¿Cuál debería ser el trabajo de un día?", y otros de igual naturaleza. Dado su carácter cumplidor, Taylor quería que los hombres a sus órdenes realizaran durante la jornada una producción aceptable y se impuso a sí mismo la tarea de encontrar el método adecuado para hacer el trabajo, enseñar al trabajador cómo realizarlo y mantener en torno de este las condiciones apropiadas para ello, fijar un tiempo tipo para llevar a cabo dicho trabajo y, por último, pagar al trabajador un premio en forma de salario extraordinario si hacía el trabajo como estaba especificado.

Muchos años después, Taylor explicaba sus objetivos de la siguiente forma:

Primero. Desarrollo de una ciencia que pudiera aplicarse a cada elemento del trabajo humano para reemplazar los viejos métodos rutinarios.
Segundo. Selección del mejor trabajador para cada tarea, pasando a continuación a enseñarle, entrenarlo y formarlo, en vez de la antigua costumbre de dejarle seleccionar su labor y formarse a sí mismo como mejor pudiera.
Tercero. Creación de un espíritu de profunda cooperación entre la dirección y los trabajadores, con objeto de que las actividades se desarrollaran de acuerdo con los principios de la ciencia perfeccionada.
Cuarto. División del trabajo casi en iguales términos entre la dirección y los trabajadores, debiendo cada departamento encargarse de la tarea para la que esté mejor preparado, sustituyendo de esta forma las antiguas condiciones, en las cuales casi todo el trabajo y la mayor parte de la responsabilidad recaían sobre los segundos (4).

Taylor expuso muchas veces que la organización científica del trabajo exigía "una completa revolución mental en los trabajadores y también en aquellos que dirigen" (5). "Ambas partes deben reconocer como esencial la sustitución del antiguo sistema de opinión o juicio individual por un conocimiento más exacto y una investigación científica" (6).

Aunque Taylor reconocía que la dirección de una empresa industrial debía preocuparse de otras cosas, además de realizar investigaciones sobre métodos de trabajo, expuso de forma nada dudosa que uno de los primeros deberes de la dirección era el de "desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo de un hombre", y defendió y utilizó en la solución de los problemas relacionados con esta materia un método científico.

En Inglaterra, Eric Farmer, en uno de los análisis más críticos sobre los trabajos de Taylor, indica que "la mayor y más definitiva aportación de Taylor a la ciencia de la industria es el método adoptado por él. Trataba con un espíritu científico problemas que se suponían inexistentes o de fácil solución por medio del sentido común" (7).

Durante los muchos años en que Taylor trabajó en la industria llevó a cabo extensas investigaciones con objeto de determinar la mejor forma de desarrollar el trabajo y de obtener los datos necesarios para establecer las especificaciones del mismo. Para ilustrar esta forma de actuar describiremos brevemente uno de sus estudios más conocidos.

Investigaciones de Taylor sobre el traspaleo.—En 1898, cuando Taylor entró en la Bethlehem Steel Works, se impuso el deber de perfeccionar los métodos de varias secciones de la fábrica. Una de las tareas que le llamó la atención fue la del traspaleo. El número de hombres empleados en el parque oscilaba entre 400 y 600 y gran parte de su tarea era traspalar. Más que ningún otro material, se paleaba mineral de hierro, y el siguiente en tonelaje era el carbón. Taylor se encontró con que cada buen traspaleador era propietario de su propia pala, porque prefería esto a que la Compañía se la suministrara. Un encargado inspeccionaba a 50 ó 60 hombres y en el transcurso del día paleaban una diversidad de materiales. El parque donde se trabajaba era de unos 3 Km. de

b) Colección de artículos sobre "Stop-Watch Time Study, an Indictment and a Defense", *Bulletin of the Taylor Society*, vol. VI, núm. 3, páginas 99-135. Junio 1921.
c) E. FARMER: "Time and Motion Study", Industrial Fatigue Research Board, *Informe* 14. H. M. Stationery Office. Londres, 1921.

(4) F. W. TAYLOR: *The Principles of Scientific Management*, pág. 36. Harper & Bros. Nueva York, 1929.
(5) F. B. COPLEY: *Frederick W. Taylor*, vol. I, pág. 10. Harper & Bros. Nueva York, 1923.
(6) *Idem*, pág. 12.
(7) E. FARMER: "Time and Motion Study". Industrial Fatigue Research Board, *Informe* 14. H. M. Stationery Office. Londres, 1921.

longitud por unos 400 metros de anchura, por lo que la cuadrilla se desplazaba sobre una superficie relativamente grande.

Con muy poca investigación, Taylor encontró que los paleadores levantaban cargas de tres libras y media (1,6 Kg) cuando manipulaban el carbón, y hasta 38 libras (17,2 Kg) por palada cuando movían el mineral. Inmediatamente se dedicó a determinar cuál era la carga de pala que permitía a un paleador de primera categoría mover la mayor cantidad de material en la jornada de trabajo. Puso a trabajar a dos buenos paleadores en diferentes partes del parque y colocó a dos observadores de tiempos, con sendos cronómetros, para estudiar el trabajo de aquellos. Al principio se utilizaron palas grandes, con las cuales se movían cargas pesadas. Luego se cortó el extremo de la pala para que no se pudiera coger una carga tan grande y se anotó el tonelaje manipulado. Se continuó con este procedimiento desde cargas muy pesadas hasta cargas muy ligeras. Los resultados del estudio mostraron que un hombre podía manipular el máximo de tonelaje de material en la jornada de trabajo cargando la pala con 21 libras y media (9,75 Kg). Así es que cuando el obrero tenía que manipular mineral se le daba una pala pequeña, que pudiera contener justo 21 libras y media (9,75 Kg), y cuando tenía que mover material ligero, tal como cenizas, se le daba una pala grande.

Se instaló una sala de herramientas y se compraron palas especiales, que se entregaban a los obreros a medida que las necesitaban. Además, Taylor implantó un departamento de planificación para determinar de antemano el trabajo que se iba a realizar en el parque. Este departamento daba órdenes a los encargados y a los obreros todas las mañanas, indicando la naturaleza del trabajo a realizar, las herramientas necesarias y la situación del trabajo en el parque. En lugar de trabajar en grandes cuadrillas, se midió o pesó el trabajo realizado por cada hombre al final de la jornada, pagándose a cada uno de los que manipularan la cantidad de material especificada cierta bonificación (el 60 por 100 por encima de los jornales diarios). Si un hombre no llegaba a ganar la bonificación, se le enviaba un instructor para enseñarle a realizar su trabajo en la forma debida y así hacerse acreedor a aquella.

Después de tres años y medio de permanencia en la Bethlehem, Taylor hacía con solo 140 hombres el trabajo que antes necesitaba de 400 a 600. Redujo el coste de manipulación del material de siete u ocho centavos a tres o cuatro centavos por tonelada. Después de pagar todos los gastos suplementarios, tales como el plan de trabajo, medida de la producción de los obreros, determinación y pago de bonificación diaria y conservación de la sala de herramientas, todavía ahorró, en el último período de seis meses, una cantidad a razón de 78.000 dólares al año (8).

(8) F. B. Copley: *Frederick W. Taylor*, vol. II, pág. 56. Harper & Bros. Nueva York, 1923.

No se pueden leer los experimentos de Taylor sobre el arte de cortar los metales (9), su estudio sobre las pausas en la manipulación de lingotes de hierro (10) y sus investigaciones sobre el traspaleo sin darse cuenta inmediatamente de que era un científico de gran categoría. Para Taylor, como para el director de fábrica en la actualidad, el estudio de tiempos era un instrumento utilizable para aumentar la eficiencia global de la fábrica, haciendo posibles salarios mayores para la mano de obra y precios más bajos de los productos acabados para el consumidor.

El estudio de movimientos tal como fue desarrollado por los Gilbreth. El estudio de movimientos no puede ser discutido sin hacer constante referencia al trabajo realizado por Frank B. Gilbreth y su mujer, Lillian M. Gilbreth. La industria les debe mucho por su aportación en este campo. El carácter fundamental de su trabajo viene indicado por el hecho de que los principios y técnicas que crearon hace muchos años están siendo adoptados por la industria en la actualidad y a un ritmo rápidamente creciente.

La historia del trabajo de los Gilbreth es larga y fascinadora. Mistress Gilbreth, con sus conocimientos psicológicos, y míster Gilbreth, con su formación en ingeniería, se complementaron de un modo único para llevar a cabo un trabajo en el que está incluida la comprensión del factor humano, tanto como el conocimiento de los materiales, herramientas e instalación. Sus actividades cubren un amplio campo, en el que se incluyen inventos dignos de mención y perfeccionamientos en el trabajo de construcción y edificación (11), estudio sobre la fatiga (12), monotonía (13), capacitación, trabajo para los mutilados (14) y el desarrollo de técnicas, tales como el diagrama de proceso, el estudio de micromovimientos y el cronociclógrafo.

En este libro se presta especial atención a sus trabajos sobre el diagrama de proceso, el estudio de movimientos y el de micromovimientos.

El comienzo del estudio de movimientos.—En 1885, Gilbreth, joven de diecisiete años, entró como empleado de un contratista de obras. Como en aquellos días la mayor parte de las edificaciones eran de ladrillo, comenzó a aprender el oficio de albañil. Fue ascendiendo rápida-

(9) F. W. Taylor: "On the Art of Cutting Metals", *Transactions of the A.S.M.E.*, vol. XXVIII, documento 1.119, págs. 31-350. Año 1907.
(10) Copley, *op. cit.*, pág. 37.
(11) F. B. Gilbreth: *Motion Study*. D. Van Nostrand Co., Nueva York, año 1911.
(12) F. B. y L. M. Gilbreth: *Fatigue Study*. MacMillan Co., Nueva York, año 1919.
(13) L. M. Gilbreth: "Monotony in Repetitive operations", *Iron Age*, volumen CXVIII, núm. 19, pág. 1344. Noviembre 4, 1926.
(14) F. B. y L. M. Gilbreth: *Motion Study for the Handicapped*. George Routledge Sons. Londres, 1920.

mente y a principios de siglo era contratista por su cuenta. Desde su comienzo en el oficio, Gilbreth notó que cada albañil tenía su propio método de trabajo y que no había dos que lo hicieran exactamente de igual forma. Observó, además, que no ejecutaban siempre la misma serie de movimientos. Así, p. ej., un albañil utilizaba una serie de movimientos cuando trabajaba de prisa, otra serie de movimientos cuando trabajaba lentamente y todavía otra serie más cuando enseñaba a alguien su oficio (15). Estas observaciones pusieron a Gilbreth en el camino de encontrar la "mejor forma" de ejecutar una tarea determinada. Sus esfuerzos fueron tan fructíferos y su entusiasmo por este tipo de investigación creció tanto que, años después, dejó por completo su negocio de contratista, a fin de dedicar la totalidad de su tiempo a la investigación y aplicación del estudio de movimientos (16).

Resultó evidente, desde el principio, que Gilbreth tenía habilidad para analizar los movimientos utilizados por sus obreros. Vio rápidamente la forma de perfeccionar los métodos, sustituyendo por movimientos más cortos y menos fatigosos los más largos y cansados. Tomó fotografías de albañiles trabajando y de su estudio obtuvo conclusiones que le ayudaron a aumentar la producción entre sus obreros. Así, p. ej., Gilbreth inventó un andamio que podía elevarse rápida y sencillamente a una pequeña altura en cualquier momento, lo que permitía mantenerlo siempre en el nivel más conveniente. Este andamio estaba equipado con un banco o bandeja que sostenía los ladrillos y el mortero a una altura adecuada, a fin de evitar al albañil la tarea fatigosa e innecesaria de doblar el cuerpo para coger un ladrillo del suelo del andamio cada vez que tenía que colocarlo en la pared.

Anteriormente, los ladrillos se amontonaban encima del andamio y el albañil los seleccionaba a medida que los utilizaba. Daba la vuelta al ladrillo o lo hacía saltar en la mano, a fin de encontrar el lado mejor para colocarlo en la fachada. Gilbreth perfeccionó este método. A medida que llegaban los ladrillos en el camión, los peones que cobraban un jornal inferior los escogían y colocaban en unas armazones de madera o "paquetes" de tres pies (91 cm) de longitud, que podían contener 90 libras (40,8 Kg) de ladrillos. Estos hombres inspeccionaban los ladrillos a medida que los descargaban y los colocaban en los paquetes de forma que quedaran en una misma dirección la cara y extremos mejores. A continuación se colocaban los paquetes encima de los andamios, de modo que el albañil pudiera cogerlos rápidamente sin necesidad de seleccionarlos de un montón. Gilbreth dispuso la caja del mortero y el paquete

(15) L. M. GILBRETH: *The Quest of the One Best Way*, pág. 16, bosquejo de la vida de F. B. Gilbreth, publicado por mistress Gilbreth, 1925.

(16) JOHN G. ALDRICH. Véase la discusión sobre el trabajo de Gilbreth en la New England Butt Company, "The Present State of the Art of Industrial Management", *Transactions of the A.S.M.E.*, vol. XXXIV, documento 1.378, páginas 1182-187. Año 1912.

de ladrillos de forma tal que el albañil podía coger simultáneamente con una mano el ladrillo y con la otra una paletada de mortero. Anteriormente, al alcanzar un ladrillo del suelo, el albañil dejaba inactiva una mano.

Además, Gilbreth dispuso que se conservara el mortero con una consistencia apropiada para que el ladrillo pudiera colocarse a mano en la pared, eliminando así el movimiento de golpearlo con la paleta. Estos cambios, junto con otros realizados por Gilbreth, aumentaron notablemente la cantidad de trabajo que podía ejecutar un albañil en la jornada. Así, p. ej., en fábrica al exterior, utilizando el nuevo método, se redujo el número de movimientos necesarios para colocar un ladrillo, de dieciocho a cuatro y medio (17).

En un edificio que se construía cerca de Boston, con un muro de 12 pulgadas (30 cm), de juntas caladas a ambos lados y dos clases de ladrillos, lo que es bastante difícil de ejecutar, se adiestró a los albañiles en el nuevo método. Antes que el edificio alcanzara la mitad de su altura, la producción media era de 350 ladrillos por hombre y por hora. La producción máxima de este tipo de trabajo, anterior a la adopción del sistema nuevo, había sido de 120 ladrillos por hombre y por hora (18).

Definición del estudio de micromovimientos.—Aunque Gilbreth se sirvió de la fotografía en sus investigaciones sobre el estudio de movimientos, la mayor contribución a la dirección industrial la realizó después de aplicar la cámara tomavistas a sus trabajos. En efecto, la técnica del estudio de micromovimientos, creada por él y su esposa, solo era posible mediante el uso de la película cinematográfica.

El término "estudio de micromovimientos" fue ideado por los Gilbreth y su técnica se dio a conocer (19) por primera vez en una reunión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, en el año 1912. Se puede dar una explicación breve del estudio de micromovimientos diciendo que es el estudio de los elementos fundamentales o subdivisiones de una operación, por medio de la cámara tomavistas y un dispositivo de medida del tiempo que indique con exactitud los intervalos de tiempo en la película cinematográfica. Esto, a su vez, hace posible el análisis de los movimientos elementales registrados en la cinta y la asignación de valores de tiempo a cada uno de ellos.

Los Gilbreth utilizaron poco el cronómetro en sus estudios. En efec-

(17) F. B. GILBRETH: *Motion Study*, pág. 88. D. Van Nostrand Co., Nueva York, 1911.

(18) "Taylor's Famous Testimony before the Special House Committee", *Bulletin of the Taylor Society*, vol. XI, núms. 3 y 4, pág. 120. Junio-agosto 1926.

(19) F. B. GILBRETH: véase su exposición en "The Present State of the Art of Industrial Management", *Transactions of the A.S.M.E.*, vol. XXXIV, páginas 1224-226. Año 1912.

to, concentrándose en encontrar la forma mejor de realizar un trabajo, quisieron determinar el tiempo más corto posible en que podía realizarse. Utilizaron dispositivos de medida de tiempos de gran precisión y eligieron para sus estudios los mejores operarios.

La cronociclografía.—Gilbreth desarrolló todavía dos técnicas más para estudiar la trayectoria de movimientos de un operario: el análisis ciclográfico y el análisis cronociclográfico.

Es posible registrar la trayectoria del movimiento de un operario colocándole una pequeña lámpara eléctrica en un dedo, mano u otra parte del cuerpo y fotografiando con cámara estereoscópica la trayectoria de la luz mientras se mueve en el espacio. A este registro se le llama "ciclográfico" (20) (Figs. 79 a 82).

Si se coloca un interruptor en el circuito eléctrico de la lámpara y se da la luz rápidamente y se apaga despacio, se obtendrá en la fotografía una línea de trazos con puntos en forma de pera que indican la dirección del movimiento. Los puntos de luz estarán distanciados de acuerdo con la velocidad del movimiento, muy separados cuando el operario se mueve de prisa y muy próximos cuando el movimiento es lento. En este gráfico se puede medir con exactitud el tiempo, la velocidad, la aceleración y la deceleración; además, muestra la trayectoria del movimiento en tres dimensiones. A este registro se le llama cronociclografía, y a partir de él pueden construirse modelos en alambre representando las trayectorias de los movimientos. Gilbreth utilizó esta técnica para perfeccionar los métodos, para demostrar los movimientos correctos y para ayudar en la enseñanza de los trabajadores.

Se va abandonando la interpretación limitada del estudio de tiempos. Si se observa con cuidado el desarrollo del estudio de tiempos y del estudio de movimientos, no resultará difícil comprender por qué algunos interpretaron estos términos como si tuvieran objetivos completamente diferentes. Unos consideraron el estudio de tiempos únicamente como un medio de fijar límites de tiempo, utilizando el cronómetro como dispositivo de medida (21). Otros vieron en el estudio de movimientos únicamente una técnica costosa y laboriosa, que necesitaba una cámara tomavistas y procedimientos de laboratorio para determinar un buen método de realizar un trabajo. Al mismo tiempo, otros investigadores tomaron lo mejor de los trabajos de Taylor y de Gilbreth y, con un sentido debido de las proporciones, utilizaron los métodos y los dispositivos que les parecieron más adecuados para la solución del problema particular que tenían entre manos.

(20) F. B. y L. M. GILBRETH: *Applied Motion Study*, pág. 73. Sturgis and Walton Co., Nueva York, 1917.

(21) L. M. GILBRETH: *The Psychology of Management*, pág. 106. Sturgis and Walton Co., Nueva York, 1914.

Hoy día, la controversia sobre la utilización de una u otra de las dos técnicas va olvidándose y la industria encuentra que el estudio de tiempos y el de movimientos son inseparables, como lo demuestra su uso combinado en muchas fábricas y oficinas.

Como ya se dijo en el capítulo I, en la actualidad se concede importancia principalmente al estudio de métodos y a la medida del trabajo, empleando el procedimiento general de resolución de problemas para hallar el sistema, proceso o método preferible.

Organizaciones nacionales de Estados Unidos.—Durante los últimos cincuenta años, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers o A. S. M. E.) ha representado un papel importante en el desarrollo de la dirección científica de las empresas, de la organización industrial, del estudio de movimientos y tiempos y de las actividades conexas. Debe recordarse que la obra de Taylor *La dirección de los talleres* fue publicada en 1903, bajo los auspicios de la A. S. M. E., y que su trabajo clásico, "El arte de cortar los metales", ocupaba más de 200 páginas en las *Transactions* de 1907. Desde entonces hasta hoy han corrido a cargo de la A. S. M. E. muchas publicaciones sobresalientes acerca de estas materias, y el departamento de Organización Científica del Trabajo ha sido uno de los más activos de la Sociedad.

En 1911, la Amos Tuck School del Dartmouth College organizó un Congreso sobre Dirección Científica de las Empresas, y al año siguiente se fundó la Efficiency Society, Inc, en la ciudad de Nueva York (22). La existencia de la Taylor Society comenzó en 1915, y ella y la Sociedad de Ingenieros Mecánicos, con sede en Chicago, se unieron en 1936, para formar la Society for Advancement of Management.

En 1922 se creó la American Management Association por personas interesadas especialmente en los programas de formación industrial. Con el paso de los años han cambiado los objetivos de la A. M. A., que en la actualidad se ocupa principalmente de problemas generales de dirección.

El American Institute of Industrial Engineers (A. I. I. E.), fundado en 1948, ha crecido rápidamente y hoy actúa en este campo como la verdadera sociedad profesional (*). Aunque se han intentado muchas de-

(22) H. B. DRURY: *Scientific Management*, pág. 39. Columbia University, Nueva York, 1922.

(*) *Organizaciones nacionales en España.* — A partir, aproximadamente, de 1950, el interés por las técnicas a que se refiere el presente libro comienza a difundirse, tanto en profundidad como en extensión, entre los cuadros técnicos de la industria, que han conseguido transmitir a los empresarios su inquietud.

Ello no habría sido posible, en semejante amplitud, sin la presencia y actuación previas de ciertos Organismos de carácter oficial (Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo, Comisión Nacional de Productividad Industrial,

finiciones de la organización industrial, el Comité de Planificación a largo plazo del A. I. I. E. ha propuesto la siguiente: "La organización industrial comprende el proyecto, mejora e instalación de sistemas integrados de hombres, materiales y equipo; utiliza los conocimientos teóricos y prácticos de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, juntamente con los principios y métodos del análisis y proyecto técnicos, para especificar, predecir y evaluar los resultados que han de obtenerse de la aplicación de tales sistemas."

Escuela de Organización Industrial), a los que posteriormente han seguido otras organizaciones privadas, entre las que destacan la Asociación Española para el Progreso de la Dirección (Madrid), Instituto de Economía de la Empresa e Instituto de Estudios Superiores de la Empresa (Barcelona), centros de la Iglesia en Madrid y San Sebastián, y cursos organizados continuamente por Empresas dedicadas a racionalización del trabajo. *(N. del T.)*

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO GENERAL DE RESOLUCION DE PROBLEMAS

Una parte muy importante del estudio de movimientos y tiempos es la elaboración del método a seguir para realizar una operación cuando se va a fabricar un nuevo producto o cuando se trata de mejorar un método ya existente. Puesto que el estudio y elaboración de métodos es una forma creadora de resolución de problemas, conviene presentar con algún detalle el procedimiento general de resolución de problemas (1). De hecho, los cinco pasos que se describen a continuación resultan útiles para enfocar de manera lógica y sistemática la resolución de casi todos los problemas:

1. Definición del problema.
2. Análisis del problema.
3. Búsqueda de las soluciones posibles.
4. Valoración de las soluciones.
5. Recomendaciones para la puesta en práctica.

1. *Definición del problema.*—Aunque decimos que la definición o formulación del problema es el primer paso para su resolución, frecuentemente está precedido por la necesidad de reconocer la existencia misma del problema. Algunas veces se oyen afirmaciones tales como, "los costes son demasiado elevados", "debe aumentarse la producción", o "hay un atasco en la cumplimentación de pedidos en el almacén". En muchos casos no es fácil precisar con exactitud dónde reside realmente el problema. Sin embargo, este debe localizarse y exponerse claramente (Fig. 3). A la vez, hay que confirmar si el problema merece ser considerado y, en caso afirmativo, si es el momento adecuado para resolverlo. Si se decide continuar con la formulación del problema, hay que obtener información sobre la magnitud e importancia del mismo y sobre el tiempo disponible para su resolución.

(1) Harold R. Buhl: *Creative Engineering Design,* The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1960. Alex F. Osborn: *Applied Imagination,* Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1957. Eugene K. von Fange: *Professional Creativity,* Prentice-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1959. C. S. Whiting: *Creative Thinking,* Reinhold Publishing Co., Nueva York, 1958. Para una descripción del procedimiento seguido por la General Motors Corporation, véase R. D. McLandress: "Methods Engineering and Operations Research", *Proceedings Twelfth Industrial Engineering Institute,* University of California, Los Angeles-Berkeley, páginas 41-48, febrero 1960.

Como punto de partida, lo mejor es definir el problema en líneas generales, y en esta fase debe fijarse el menor número posible de restricciones o limitaciones para permitir mayor libertad a la imaginación creadora. Además, en aquellos casos en que la operación o tarea se está realizando ya, no debe concederse demasiada atención al "método actual"; por el contrario, el problema ha de definirse con independencia del camino seguido hasta ese momento. El caso siguiente sirve de aclaración en cuanto a la definición del problema.

HOJA DE ESTUDIO DE METODOS

Definición del problema: Exposición general del objetivo; formulación del problema.

a) Criterios. Medios de juzgar el éxito de la solución del problema.

b) Exigencias de la producción: 1) máxima producción diaria; 2) variaciones estacionales; 3) volumen anual; 4) vida esperada del producto: forma de la curva representativa.

c) Fecha de terminación. Tiempo disponible: 1) para estudio; 2) para instalación y pruebas, y 3) para alcanzar la plena producción.

FIG. 3.—Hoja de trabajo para el estudio de métodos: definición del problema.

La explotación agrícola Seabrook, en el sur de Nueva Jersey, cultiva unas 8.100 hectáreas, de las cuales se siembran de guisantes aproximadamente 2.800 cada año. Anteriormente se plantaban guisantes durante la época comprendida entre primeros de marzo y primeros de abril y luego se hacía frente al problema de la recolección como mejor se podía; algunas veces, durante la época de la cosecha había tal número de hectáreas maduras al mismo tiempo, que las cuadrillas de recogida, desvainado y congelación tenían que trabajar contra reloj. También, a consecuencia del retraso en la recolección, algunos guisantes resultaban demasiado maduros y de mala calidad.

El doctor C. W. Thornthwaite, climatólogo de la granja Seabrook, después de un trabajo considerable de estudio y experimentación sobre la velocidad de crecimiento de las diferentes variedades de guisantes durante los distintos períodos de primavera y verano, pudo predecir cuándo habría de realizarse la recolección (2). Así, p. ej., si una sección de explotación estaba equipada para trabajar 10 hectáreas por día, el doctor Thornthwaite podía programar la siembra de tal manera que justamente ese número de hectáreas estuviera listo para la recolección

(2) C. W. THORNTHWAITE: "Operations Research in Agriculture", *Journal of the Operations Research Society of America*, vol. I, núm. 2, págs. 33-38, febrero 1953.

en cada uno de los seis días de la semana y ninguna de ellas alcanzara la madurez durante el domingo. De esta manera, no solo se evitaba trabajar anormalmente durante una parte del verano, sino que además se obtenía una cosecha de calidad más uniforme, con menos pérdidas debidas a la excesiva madurez de los guisantes.

El problema podría haberse definido como el de encontrar el método más eficaz de cosechar guisantes durante la noche, empleando más y mejores baterías de focos y, posiblemente, seleccionando y adiestrando cuadrillas para coger guisantes durante la noche. Sin embargo, el problema básico era lograr que los guisantes maduraran de acuerdo con la carga de trabajo deseada para los hombres y equipo disponibles en el campo y en las instalaciones de desvainado y congelación. En este caso no se trataba de una mejora o perfeccionamiento de lo existente, sino de una solución original, resultante del procedimiento lógico de resolución de problemas.

Algunas veces es conveniente dividir el problema en subproblemas, o determinar si el problema que se considera constituye una parte de otro mayor. Puede ser necesario volver atrás y examinar las actividades que preceden a la operación en estudio o, posiblemente, las actividades que la siguen. Aun cuando en las primeras etapas del procedimiento de resolución es conveniente que el problema haya sido formulado en términos generales, suele resultar más difícil resolver un problema complejo que uno simple.

2. *Análisis del problema.*—La formulación del problema puede dar como resultado una declaración o definición general. A continuación,

HOJA DE ESTUDIO DE METODOS

Análisis del problema. (En esta fase no ha de hacerse ninguna valoración.)

a) Especificaciones o restricciones, incluyendo cualquier límite de gastos en capital original.

b) Descripción del método actual, si la operación se está realizando ya. Puede incluir: 1) Diagramas del proceso; 2) diagramas de recorrido; 3) diagramas de frecuencia de paradas; 4) diagramas hombre-máquina; 5) diagramas de operación, y 6) simogramas.

c) Determinación de las actividades que puede hacer mejor el operario, de las que pueda hacer mejor la máquina, y relaciones entre el operario y la máquina.

d) Nuevo examen del problema. Determinación de subproblemas.

e) Nuevo examen de los criterios.

FIG. 4.—Hoja de trabajo para el estudio de métodos: análisis del problema.

es necesario obtener datos: discriminar los hechos y determinar hasta qué punto son aplicables al problema (Fig. 4). Desde luego, puede ocurrir que quien realiza el estudio posea ya considerables conocimientos sobre la materia y busque información adicional. La valoración de los hechos no debe hacerse durante el período de análisis. En este procedimiento de resolución de problemas ha de diferirse el juicio crítico hasta el momento final.

Al comienzo, conviene establecer los criterios de valoración de las diversas soluciones posibles del problema. La solución preferible en un problema de fabricación puede ser la que dé el mínimo coste de mano de obra, el menor coste total o la mínima inversión de capital, la que requiera el menor espacio o logre la máxima utilización de los materiales, la que, en fin, permita llegar a la plena capacidad de producción en el período más corto de tiempo.

Deben conocerse las especificaciones o restricciones que afecten al problema. En algunos casos, las restricciones son flexibles; en otros, a medida que se avanza en la resolución del problema, puede ser necesario imponer limitaciones específicas. En cada fase del proceso de resolución surgen consideraciones de las restricciones. Sin embargo, estas deben examinarse con gran cuidado, pues en algunos casos son ficticias o imaginarias, debiendo tenerse únicamente en cuenta las restricciones reales. El envasado de agrios en cajas de cartón aclara muy bien este punto. Hasta hace muy poco, la mayor parte de los agrios se enviaba al mercado en cajas de madera. Se pensaba que debían ir envueltos en papel de seda, colocados en capas horizontales en una caja de madera bien ventilada y sólidamente sujetos por una tapa colocada a presión, clavada y asegurada en cada extremo. Todos los supuestos anteriores son incorrectos. Actualmente, casi todas las naranjas, limones y uvas se

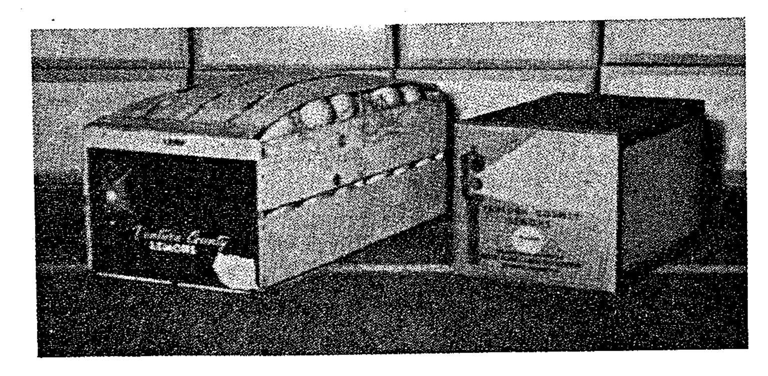


FIG. 5.—El nuevo método de envasado de limones en cajas de cartón sustituyendo a las de madera, elimina varias operaciones y ahorra a los cultivadores 5 millones de dólares al año.

envasan en cajas de cartón. No se envuelven las piezas por separado y la caja de cartón de tipo telescópico, cuya cabida no llega a la mitad de la de una caja de madera, es más fácil de manejar (Fig. 5). Este procedimiento de embalaje, más perfecto, ha hecho ahorrar más de cinco millones de dólares anuales a los cultivadores y embaladores de limones, calculándose que en igual magnitud se aumentan los beneficios de los transportistas y comerciantes (3).

El realizador del estudio también debe tener información acerca de la importancia de la empresa, el volumen de producto a fabricar, el número de obreros empleados en la actividad y la vida probable del proyecto.

Es importante una programación del tiempo. Hay que saber de cuánto tiempo se dispone para resolver el problema y, si se trata de un problema de producción, el tiempo disponible para llevar a la práctica el procedimiento y para conseguir la producción especificada de un artículo de buena calidad.

En el análisis de un problema puede resultar conveniente descomponerlo en pequeñas partes y analizar por separado cada una de ellas. Por ejemplo, si el problema consiste en abrir un agujero en una pequeña placa metálica destinada a un receptor de televisión, la operación puede descomponerse en tres partes: 1) colocar la pieza sobre el dispositivo; 2) taladrar la pieza, y 3) retirar la pieza y dejarla. El volumen puede ser de 500.000 piezas anuales, con 60 días de plazo para desarrollar el método y ponerlo en práctica. El primer paso puede realizarse manualmente, empleando un dispositivo accionado a mano para sujetar la pieza, o puede colocarse esta a mano en una cavidad (con una mordaza automática) de un disco alimentador, o las chapas pueden llegar automáticamente al disco alimentador desde un depósito.

Asimismo, el agujero puede abrirse a mano o con taladradora mecánica. La pieza puede retirarse a mano, o desprenderse automáticamente de la mesa giratoria. Si esta operación se estudiara al proyectar el receptor, podría considerase la eliminación de dicha placa, punzonando el agujero en vez de taladrarlo, empleando una arandela (que podría adquirirse) en vez de la placa, o combinando la placa con alguna otra pieza. Si se insertara un tornillo en el agujero para unir la placa a otras piezas del aparato, podría considerarse la soldadura de estas piezas o, quizá, el empleo de una pieza colada o de una pieza moldeada de material plástico, en vez de la placa metálica.

3. *Búsqueda de las posibles soluciones.*—Es evidente que el objetivo básico será encontrar la solución preferible, ajustada a los criterios y

(3) ROY J. SMITH: "Recent Developments in the Packing of Citrus Fruit", *Proceedings Sixth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, páginas 92-94.

especificaciones establecidos. Cabe esperar que se encuentren varias soluciones, y entre ellas habrá que elegir la preferible.

La primera pregunta que nos hacemos es: "¿Cual es la *causa básica* de que haya surgido este problema?" Si pudiera eliminarse, ya no existiría el problema. Por ejemplo, en una empresa se pensó en cambiar un tejado que cubría una fila de tanques descubiertos de sosa cáustica y que se hallaba en un estado de avanzada corrosión. Cuando se planteó la pregunta "¿Cuál es la razón básica de que exista un tejado sobre los tanques?", se descubrió que el único motivo de su existencia era el de proteger el producto contra la lluvia, para evitar su dilución. Sin embargo, un análisis demostró que la evaporación también influía sobre la concentración de la sosa y, además, se descubrió que los cambios en la concentración carecían de importancia en el proceso de fabricación. Por estas razones, se eliminó el antiguo tejado y no se sustituyó. Evidentemente, la solución ideal de un problema es eliminar la causa básica, con lo cual el problema desaparece (4).

Si el problema no puede resolverse completamente por el procedimiento de eliminación, quizá puede suprimirse parte de él. Si no se encuentra medio de eliminarlo, hay que explorar los diversos caminos que conduzcan hacia las soluciones posibles. Al comienzo, es conveniente adoptar un punto de vista amplio e idealista para considerar las soluciones posibles del problema.

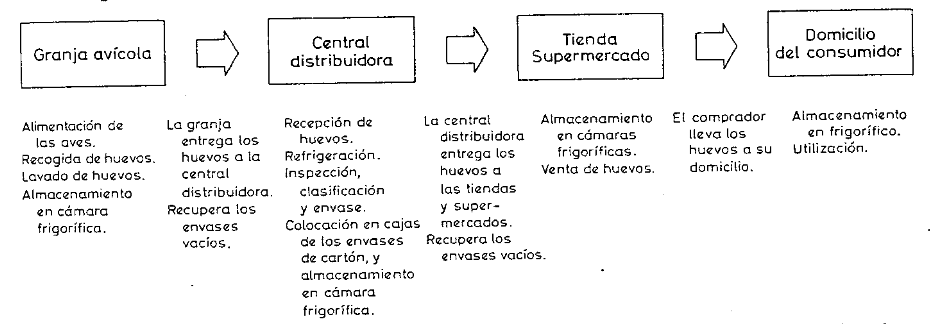


FIG. 6.—Producción, clasificación y distribución de huevos: de la granja al consumidor.

Supongamos que se trata de proyectar y construir una instalación para clasificar y envasar huevos con destino a su distribución en tiendas y supermercados (Fig. 6). Los huevos llegarán diariamente a ella, en camiones, de granjas situadas a distancias comprendidas entre 8 y 40 kilómetros. El proceso usual consta de: 1) inspección al trasluz, para determinar la calidad; 2) determinación del peso y clasificación por tamaños; 3) envase en cajas de cartón; 4) colocación de estas en otras cajas que, a su vez, se llevan a las cámaras frigoríficas, y 5) entrega a las tiendas y supermercados.

(4) De "The Elimination Approach", de Procter and Gamble. Véase exposición más completa en el capítulo VI.

Pensando en las soluciones posibles, cabe inspeccionar, clasificar y envasar los huevos a mano; inspeccionarlos a mano, clasificarlos y envasarlos mecánicamente; o hacer automático todo el proceso de inspección, clasificación, envase y transporte a las cámaras.

Mediante reproducción y selección, se pueden criar gallinas que den huevos de un tamaño determinado. Por medio de una cuidadosa especificación del alimento y cría de las gallinas, el color de la yema, la consistencia de la clara y el color de la cáscara pueden ser uniformes, eliminando así la operación de inspección al trasluz. Si la recogida y el marcado de los huevos se hicieran diariamente, podría garantizarse la frescura. Los huevos podrían colocarse en las cajas de cartón al mismo tiempo que se recogen en la granja, eliminando de esta forma las operaciones de inspección al trasluz, clasificación por tamaños y envase en la central distribuidora; o bien cada huevo podría separarse de la cáscara y colocarse automáticamente en un recipiente cúbico hermético, de material plástico, simplificando aún más el proceso de embalaje.

Si hubiera que proyectar y construir en un futuro próximo una instalación de dimensiones pequeñas o medias, es probable que se desecharan rápidamente las últimas dos o tres soluciones. Pero, ciertamente, habría que tener en cuenta las respectivas ventajas del método manual y del método automático de inspección, clasificación y envase (5).

Estamos buscando ideas, y por ello es necesario aplicar al problema imaginación, facultad inventiva y talento creador. Algunos tipos de problemas requieren por sí mismos un esfuerzo colectivo. Hay quienes se muestran partidarios decididos del empleo de una lógica sistemática, mientras que otros creen que el método de resolución de problemas a través de reuniones, comúnmente denominado "brainstorming" (tempestad de ideas), puede proporcionar ideas valiosas (6). Cuando se emplea esta técnica, es esencial que cada individuo del grupo sugiera ideas rápidamente, que no se haga ningún juicio de valoración durante la sesión y que se anime a los participantes a dar rienda suelta a sus ideas, aun cuando les parezcan prácticamente irrealizables.

Bernard S. Benson, entusiasta defensor de emplear sistemáticamente la lógica para resolver problemas, expone el siguiente ejemplo en relación con este punto (7):

(5) Véase en el capítulo XX la descripción de una moderna central distribuidora de huevos.

(6) ALEX F. OSBORN: *Applied Imagination*, Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1957.

(7) BERNARD S. BENSON: "In Search of a Solution, Cerebral Popcorn or Systematic Logic?", *Proceedings Tenth Industrial Engineering Institute*, University of California, Los Angeles, Berkeley, pág. 14, febrero 1958.

Había una vez dos hombres en una isla, hasta los cuales llegó la noticia de que, durante la guerra, algunos soldados habían ido en un camión militar hasta el final de una de las muchas carreteras existentes y habían enterrado allí un tesoro fabuloso. Dado que sus inclinaciones eran más bien materialistas, ambos pensaron que sería sumamente agradable apoderarse del tesoro. Sin embargo, como lo pensaron por separado, se creó entre ellos una situación de rivalidad. El primero agarró una pala, y con ella recorrió toda la isla, cavando y picando en todo lugar verosímil. Exploró debajo de las rocas, cavó al pie de los árboles, se detuvo en los puntos en que la hierba presentaba diferencias y probó su suerte. El segundo se sentó a reflexionar, llegando a la conclusión de que, ante todo, debía conocer todas las carreteras de la isla, y procedió a dibujar un mapa. No tenía el tesoro, pero sí al menos un mapa con todos los posibles caminos. A continuación, examinó todas estas posibilidades a la luz de criterios adecuados, eliminando todas las carreteras que resultaban más estrechas que el camión militar y también aquellas sobre las que pendían rocas a tan escasa altura que no dejarían paso al camión. Después consideró las posibilidades restantes, desechó las carreteras que terminaban en amplias zonas graníticas, donde no se podría excavar, y así se quedó solamente con dos carreteras. Habiendo creado primero toda las posibilidades, eliminó las que no reunían las condiciones básicas. Cavó al final de la primera carretera y no encontró el tesoro, pero al final de la segunda lo encontró sin dificultades; mientras tanto, su amigo... seguía correteando por la isla, probando aquí y allá, buscando frenéticamente la solución de su problema.

4. *Valoración de las diversas soluciones posibles.*—Ya hemos llegado a las diversas soluciones, totales o parciales, del problema en cuestión. En realidad, hemos acumulado un gran número de ideas relacionadas con el problema. Algunas de ellas pueden eliminarse rápidamente, y las demás hay que considerarlas con mayor atención. Puede hacerse un examen a fin de determinar en qué medida se ajusta cada solución a los criterios elegidos y a las especificaciones originales.

Cuando se realiza un estudio de métodos, puede afirmarse que no hay una "solución exacta", sino que, en general, existen varias soluciones posibles. Hay frecuentemente factores de enjuiciamiento que deben tenerse en cuenta, además de las valoraciones cuantitativas, para llegar a la solución preferible. Aunque todas y cada una de las soluciones posibles satisfagan los criterios establecidos, pueden resultar preferibles otras soluciones en el caso de que cambie alguna restricción o especificación. Con frecuencia es deseable seleccionar tres soluciones: 1) la solución ideal; 2) la que sea preferible para aplicación inmediata, y 3) otra que pueda emplearse en el futuro o en condiciones diferentes, como en el caso de que deba aumentarse notablemente la producción

anual, se disponga de materias primas con calidad más uniforme o de obreros con mayor capacidad profesional.

La valoración de la solución preferible exige una cuidadosa consideración de las dificultades que puedan encontrarse en el futuro, como tiempo, coste del entretenimiento y reparación de las instalaciones, el ajuste a amplias variaciones en el producto o en sus dimensiones y los efectos del desgaste y averías de la maquinaria sobre la calidad del producto y la obsolescencia de la maquinaria. Tampoco pueden descuidarse los aspectos humanos. Cabe que el éxito del método elegido dependa de que el jefe de la sección o departamento lo apruebe plenamente o de que el jefe del departamento de inspección o de entretenimiento le oponga su veto. Por ello, la solución recomendada puede ser, más que la solución ideal, la que presente mayores probabilidades de ser aceptada y de llevarse a la práctica.

En ciertos tipos de problemas se centra la valoración alrededor de la inversión de capital necesaria para cada uno de los métodos propuestos. En estos casos es necesario un análisis para conocer el coste inicial, los costes anuales de explotación, la vida esperada de las instalaciones y su valor residual. Otro criterio de comparación es computar el rendimiento de la inversión en tanto por ciento anual, o el período de amortización del capital, es decir, determinar el número de años necesarios para que la instalación se pague a sí misma. En otros tipos de problemas se trata de hallar el método que dé el coste mínimo de la mano de obra directa. En estos casos debe hacerse un análisis comparativo, utilizando tiempos predeterminados a fin de fijar el tiempo total del ciclo de cada uno de los métodos. Cuando existen dudas acerca de si un método concreto puede emplearse realmente en la práctica, suele ser necesario construir, en el taller o en laboratorio, una maqueta de las plantillas, dispositivos o lugar de trabajo y ensayar el método. Algunas empresas poseen laboratorios y talleres especiales para estos fines.

5. *Recomendaciones para la puesta en práctica.*—En muchos casos, la persona que resuelve el problema no es la misma que llevará a la práctica la solución recomendada, ni la que dará la aprobación final para su aplicación. Por ello, una vez encontrada la solución preferible, hay que comunicarla a diversas personas, siendo la forma más corriente el informe, verbal o escrito, cuya presentación constituye el paso final del procedimiento de resolución de problemas. Las circunstancias dirán si el informe ha de ser principalmente una exposición escrita de recomendaciones, apoyadas en datos, o si debe darse a conocer verbalmente ante un grupo. En algunos casos es necesaria una presentación cuidadosa y metódica, incluyendo gráficos, diagramas, fotografías, modelos tridimensionales o maquetas. En cualquier caso, debe hacerse de manera lógica y directa, fácil de seguir y comprender, indicando la fuente de

todos los datos y explicando claramente cualquier supuesto. Todo informe debe completarse con un conciso resumen escrito.

Desde luego, en la etapa industrial, el ciclo completo puede incluir un control para tener la seguridad de que la solución propuesta se lleva efectivamente a cabo. Puede hacerse de cuando en cuando una revisión o comprobación para determinar qué dificultades se encuentran y justipreciar los resultados globales, ya que es deseable saber si el método produce realmente los resultados que se preveían al proponerlo. Finalmente, una nueva evaluación o estudio del método puede ofrecer otras posibilidades de mejora, con la cual se repite el ciclo de resolución de problemas. En la mayoría de las operaciones industriales y comerciales no hay una solución final para un problema; una solución dada se lleva a la práctica y se emplea hasta que se encuentra otra mejor.

CAPITULO IV

LIMITES DE APLICACION DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

Al realizar un estudio de tiempos y movimientos debe considerarse ante todo su coste en relación con los beneficios esperados. Si se trata de mejorar una operación, la extensión que se dé a cada una de las fases del procedimiento de resolución de problemas guardará relación con los beneficios potenciales. Si la operación es provisional o de pequeño volumen, o si los ahorros potenciales son poco importantes, tanto la definición del problema como su análisis y la búsqueda de las posibles soluciones se realizará rápidamente. En cambio, estará justificado un estudio exhaustivo cuando la tarea ocupe a muchos obreros o los costes de materiales e instalaciones sean elevados.

Si, en relación con una operación, han de fijarse tiempos tipo que servirán de base a las primas sobre el salario, la fase del estudio correspondiente a la medida del trabajo no podrá ser abreviada. El empleo de técnicas de medida del trabajo es distinto al estudio de métodos; la dirección debe garantizar que no se cambiarán los tiempos tipo, y es necesaria una hoja de instrucciones normalizadas completa.

Técnicas del estudio de movimientos y tiempos.—Existen muchas combinaciones de las técnicas diversas que pueden usarse, y en los capítulos siguientes se describirá cada una de ellas.

Parece conveniente formar una lista (véase tabla I) con las cinco combinaciones que se utilizan con gran frecuencia en las aplicaciones del estudio de movimientos y tiempos. Están representadas, de izquierda a derecha, desde el tipo *A*, que es el más completo, a los tipos *D* y *E*, más sencillos.

Los cuatro factores principales que determinarán la combinación de las técnicas del estudio de movimientos y tiempos a utilizar son:

1) La magnitud de la tarea, esto es, el número medio de hombres hora por día o por año empleados en el trabajo.
2) La vida prevista de la tarea.
3) Las características de trabajo de la operación, tales como:
   a) Salario horario.
   b) Relación de tiempo manual a tiempo de máquina.

TABLA I.—COMBINACIONES DE TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

TIPO	A	B	C	D	E
Estudio de métodos	Análisis del proceso.	Análisis del proceso.	Análisis del proceso.	....	....
Búsqueda del método mejor o más económico, considerando: a) Métodos. b) Materiales. c) Herramientas e instalaciones. d) Condiciones de trabajo.	Estudio completo de los micromovimientos de la operación. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis detallado por therbligs. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis detallado de los elementos. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis rápido. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis rápido. Aplicación de los principios de economía de movimientos.
Normalización de: a) Métodos. b) Materiales. c) Herramientas e instalaciones. d) Condiciones de trabajo. Hoja de instrucciones normalizadas.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas. Hoja de adiestramiento. Película del método perfeccionado.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas. Hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento (normalizada para cada grupo de trabajo).
Medida del trabajo Determinación del tiempo tipo.	1 Estudio de tiempos. 2. Estudio de micromovimientos. 3. Datos de tiempos tipo: a) Para ciertos therbligs. b) Para ciertos elementos. 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3 Datos de tiempos tipo: a) Para ciertos therbligs. b) Para ciertos elementos. 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3. .... 4. .... 5. .... 6. .... 7.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3. .... 4. .... 5. .... 6. .... 7.	1. .... 2. .... 3. .... 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.
Adiestramiento del operario.	En departamento de aprendizaje separado o en el lugar de trabajo. Películas. Hojas de adiestramiento.	En departamento de aprendizaje separado o en el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento.	.... En el lugar de trabajo. Hojas de adiestramiento	.... En el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento	.... En el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento (normalizadas para cada clase de trabajo).
Aplicación del sistema de primas.	No forma parte del estudio de movimientos y tiempos, pero lo acompaña generalmente				

c) Características especiales exigidas al empleado, condiciones de trabajo no usuales, exigencias de las organizaciones obreras, etc.

4) La inversión necesaria para la tarea en máquinas, herramientas e instalaciones.

Ejemplo de la utilización más completa del estudio de movimientos y tiempos.—El tipo de estudio *A* incluye un análisis del proceso y la construcción de un diagrama del mismo que abarque la totalidad del proceso de producción, del cual forma parte la operación que se considera. Necesita un estudio de micromovimientos completo y la aplicación de los principios de economía de movimientos, la cual implica considerar la utilización más económica de los materiales, herramientas e instalación, así como los elementos necesarios para establecer unas condiciones de trabajo satisfactorias. Una vez que se ha encontrado la manera más económica de ejecutar un trabajo, se normaliza y traslada a una hoja de instrucciones. Podrán también realizarse películas de los movimientos del método antiguo y del perfeccionado. Después se fijará un tiempo tipo por medio del estudio de tiempos o a partir del estudio de micromovimientos, de tiempos predeterminados o de datos normalizados ya disponibles. El estudio del tipo *A* comprende también el aprendizaje del operario con la ayuda de películas y hojas de adiestramiento, bien sea en un departamento separado o en el mismo lugar de trabajo. Al estudio de tiempos, en la mayor parte de los casos, sigue la aplicación de un sistema de primas.

A continuación se da un ejemplo para mostrar en qué caso se aplicaría un estudio del tipo *A*. La tarea se refiere a una operación en torno semiautomático. Los datos de esta operación, en relación con los cuatro puntos mencionados, son los siguientes:

1) Más de 100 mujeres están empleadas en esta operación. Trabajan ocho horas diarias, cuarenta horas semanales y cincuenta semanas al año, lo que da una cantidad de 200.000 hombres-hora al año.
2) La tarea es permanente. La operación ha sido ejecutada a lo largo de muchos años y se espera que continúe indefinidamente.
3) Se utiliza mano de obra femenina.
   a) El salario horario base es el corriente en la región. Se utiliza un sistema de primas del 100 por 100 para el pago del salario. Los tipos están fijados por estudio de tiempos y se garantiza el salario horario.
   b) Cada ciclo requiere 0,25 minutos, del cual el 60 por 100 es tiempo manual y el 40 por 100 es tiempo de máquina.
   c) Como para ejecutar esta operación se requiere una habilidad especial, cada operario realiza un aprendizaje especial

TABLA I.—COMBINACIONES DE TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

TIPO	A	B	C	D	E
Estudio de métodos	Análisis del proceso.	Análisis del proceso.	Análisis del proceso.	....	....
Búsqueda del método mejor o más económico, considerando: *a)* Métodos. *b)* Materiales. *c)* Herramientas e instalaciones. *d)* Condiciones de trabajo.	Estudio completo de los micromovimientos de la operación. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis detallado por therbligs. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis detallado de los elementos. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis rápido. Aplicación de los principios de economía de movimientos.	Estudio de movimientos. Análisis rápido. Aplicación de los principios de economía de movimientos.
Normalización de: *a)* Métodos. *b)* Materiales. *c)* Herramientas e instalaciones. *d)* Condiciones de trabajo. Hoja de instrucciones normalizadas.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas. Hoja de adiestramiento. Película del método perfeccionado.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas. Hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento.	Normalización de la operación. Hoja de instrucciones normalizadas, u hoja de adiestramiento (normalizada para cada grupo de trabajo).
Medida del trabajo Determinación del tiempo tipo.	1. Estudio de tiempos. 2. Estudio de micromovimientos. 3. Datos de tiempos tipo: *a)* Para ciertos therbligs. *b)* Para ciertos elementos. 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3. Datos de tiempos tipo: *a)* Para ciertos therbligs. *b)* Para ciertos elementos. 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3. .... 4. .... 5. .... 6. .... 7.	1. Estudio de tiempos. 2. .... 3. .... 4. .... 5. .... 6. .... 7.	1. .... 2. .... 3. .... 4. Datos de tiempos tipo completos. 5. Tiempos predeterminados. 6. Fórmulas. 7. Muestreo de trabajo.
Adiestramiento del operario.	En departamento de aprendizaje separado o en el lugar de trabajo. Películas. Hojas de adiestramiento.	En departamento de aprendizaje separado o en el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento.	.... En el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento	.... En el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento	.... En el lugar de trabajo. .... Hojas de adiestramiento (normalizadas para cada clase de trabajo).
Aplicación del sistema de primas.	No forma parte del estudio de movimientos y tiempos, pero lo acompaña generalmente				

durante seis semanas, en un departamento de formación separado. Las condiciones de trabajo son normales.

4) El torno especial semiautomático completamente equipado vale nuevo, aproximadamente, 3.000 dólares.

Es evidente que esta operación tiene unas economías potenciales grandes. El hecho de que estén empleadas 100 mujeres en esta sola operación y de que se produzcan más de 50 millones de unidades anualmente, indicará inmediatamente el uso de un estudio del tipo *A*. En efecto, por cada centésima de minuto ahorrada por pieza en esta operación, la Compañía economizará, en coste de mano de obra directa, unos 14.000 dólares al año.

Ejemplo del uso más sencillo del estudio de movimientos y tiempos. En el extremo opuesto están los estudios de movimientos y tiempos de los tipos *D* y *E*. Estos dos tipos son parecidos, pero el tipo *E* se utiliza donde previamente ha sido normalizada una clase completa de trabajo y cuando basta un análisis para determinar en qué subdivisión cae una operación dada. El estudio del tipo *D* se emplea en operaciones de corta duración y con pequeñas perspectivas de mejora. Comprende solo un análisis rápido y una aplicación muy general de los principios de economía de movimientos, una hoja de instrucciones normalizadas, un tiempo tipo fijado por un estudio de tiempos con cronómetro, y una hoja de adiestramiento preparada para ayudar al aprendizaje del operario.

Un estudio del tipo *D* se utilizaría en la siguiente tarea: la operación se refiere a taladrar y escariar un soporte en un taladro sensitivo y requiere el tiempo de un hombre durante diez días al mes. Se cree que la operación se repetirá solo durante seis meses, después de los cuales se cambiará el modelo. En este caso, un análisis rápido comprendería la comprobación de las velocidades del taladro, la distribución de los depósitos de materiales, localización de la plantilla y tubería de aire y otros factores similares. Se necesitarían solamente unas pocas horas para efectuar el análisis y ejecutar los cambios recomendados. Por cada centésima de minuto ahorrada por pieza en esta operación, la Compañía economizaría, en coste de mano de obra directa, menos de 40 dólares al año. Se efectuaría un estudio de tiempos y se establecería un tiempo tipo.

El tiempo necesario para hacer un estudio del tipo *D* como el descrito anteriormente será corto y el coste pequeño, mientras que serían necesarios meses para el estudio de la operación del torno semiautomático y exigiría gastos considerables.

Los estudios de los tipos *A* y *B* se usan bien para tareas individuales o para clases de trabajos similares; los tipos de estudios *C* y *D* se utilizan primordialmente para tareas individuales. En algunas fábricas hay muchas operaciones cortas de naturaleza análoga que, en sí, necesitarían solo un estudio del tipo *D*, pero que, consideradas en conjunto, como un grupo, justifican el uso de un estudio del tipo *A* o *B*.

El estudio del tipo *E* se utiliza para tareas individuales dentro de los grupos o familias, para tareas de naturaleza similar y para trabajo ya normalizado. Implica, en gran parte, la selección de la información necesaria a partir del fichero de datos normalizados. El capítulo XXIX muestra un ejemplo de un trabajo de esta clase, como es el fresado de dientes en engranajes cilíndricos rectos. Los métodos, herramientas, instalación y condiciones de trabajo han sido normalizados. Por medio de datos de tiempos tipo, tiempos predeterminados y el uso de fórmulas es posible determinar sintéticamente los tiempos tipo para este trabajo. Las hojas de adiestramiento se preparan rellenando el tiempo de máquina (véanse palabras en letra cursiva en la figura 324) en los impresos normalizados (1).

Costes de explotación y de capital.—Tanto la mecanización como la automatización tienden a disminuir los costes de mano de obra, pero frecuentemente a cambio de un aumento de la inversión de capital en máquinas e instalaciones. Por ello, al valorar las distintas alternativas, habrán de tenerse en cuenta ambos costes. El siguiente ejemplo muestra el camino que puede seguirse.

Un caso concreto. Estudio de un centro de distribución.—Cuando en la Eastman Kodak Company se pensó en un nuevo almacén y centro de distribución, "fue nombrada una comisión, integrada por alto personal directivo, para estudiar el problema. A su vez, la comisión creó subcomisiones, compuestas por personal de producción y personal asesor, que examinaron las instalaciones existentes y consideraron las soluciones posibles. Estas subcomisiones: 1) determinaron que existía un problema real y que se precisaban *nuevos* medios; 2) recomendaron un sistema unitario de manejo de materiales; 3) establecieron las exigencias generales de espacio para el nuevo centro, su emplazamiento y disposición general, y 4) calcularon los ahorros que se obtendrían" (2).

Se consideraron los cinco métodos siguientes de manejo de materiales para el nuevo centro de distribución: 1) carretilla de horquilla elevadora; 2) cinta transportadora; 3) tren arrastrado por un tractor;

(1) Para información adicional sobre la extensión que debe darse a un estudio de movimientos y tiempos, véase H. B. MAYNARD: "Methods Engineering Installation: Mapping Out the Program", *Modern Machine Shop*, vol. IX, páginas 62-70.

(2) R. C. BRYANT, S. A. WAHL y R. D. WILLITS: "Tractor Train or Dragline Conveyor?", *Modern Materials Handling*, vol. 6, núm. 9, págs. 54-57.

4) dragalina, y 5) combinación de dragalina y tren. De los estudios realizados resultó que la selección final del equipo debía hacerse entre las siguientes alternativas: A) tren arrastrado por tractor y dragalina; B) solo dragalina, y C) solo tren arrastrado por tractor.

Al hacer la valoración final se tuvieron en cuenta los tres factores:

1. Inversión total de capital.
2. Coste anual de explotación.
3. Depreciación anual del equipo.

Como indica la tabla 2, la combinación de tren y dragalina exigía la inversión máxima, 92.550 dólares, contra 69.380 con la tercera solución. Sin embargo, la combinación tren-dragalina daba el coste mínimo anual de explotación (véase Tabla 3), 63.300 dólares, incluyendo la depreciación, contra 71.100 para el tren. Después de ponderar la inversión y el coste de explotación, y considerar algunos factores intangibles, se decidió implantar la solución tren-dragalina.

TABLA II.—INVERSIÓN DE CAPITAL EN MAQUINARIA

MAQUINA	*A* Tren y dragalina	*B* Solo dragalina	*C* Solo tren
Remolques	9.200 $	—	16.500 $
Carretillas	53.700 $	52.500 $	52.500 $
Cinta transportadora de dragalina	28.900 $	28.900 $	—
Instalación eléctrica	750 $	600 $	380 $
TOTAL	92.550 $	82.000 $	69.380 $
Menos venta del equipo actual	—	— 4.650 $	—
Inversión neta de capital	92.550 $	77.350 $	69.380 $

TABLA III.—COMPARACIÓN DE COSTES ANUALES DE EXPLOTACIÓN, INCLUYENDO LA DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINARIA

CONCEPTOS DE COSTE	*A* Tren y dragalina	*B* Solo dragalina	*C* Solo tren
Mano de obra	43.350 $	54.800 $	57.600 $
Depreciación	9.440 $	8.180 $	7.790 $
Necesidades de espacio	7.000 $	0 $	3.000 $
Entretenimiento	3.010 $	2.800 $	2.500 $
Consumo de energía	500 $	420 $	210 $
TOTAL	63.300 $	66.200 $	71.100 $
Diferencia en costes anuales	0	2.900 $	7.800 $

INFORME DE REDUCCION DE COSTES

DESCRIPCION DEL ASUNTO ESTUDIADO

Archivo 11-B.
Depart. núm. 64 *Fecha:* 12-12-47
Producto: Cajas a expedir.

Depart.: Producto acabado y expedición.
Operación: Marcar el nombre y dirección del consignatario.
Objeto del análisis: Determinar los ahorros posibles de emplear el sellado en lugar del estarcido.

COMPARACION

METODO ACTUAL	METODO PROPUESTO
Máquina.	*Máquina.*
Herramientas: Pincel y chapa de estarcido.	*Herramientas:* Sello y tampón.
Descripción: Se preparan de antemano y se guardan en archivo chapas de estarcido para todos los consignatarios principales; en cada caja se marcan con ellos el nombre y la dirección.	*Descripción:* Se harán sellos de goma para todos los consignatarios principales y con ellos se marcará el nombre y la dirección en cada caja.

COSTE DE LAS OPERACIONES	*$ por caja*	COSTE DE LAS OPERACIONES	*$ por caja*
Mano de obra: 0,16 min por caja. 1,50 $ por hombre-hora.	0,0040	*Mano de obra:* 0,05 min por caja. 1,50 $ por hombre-hora.	0,0012
Materiales.		*Materiales.*	
Varios.		*Varios.*	
Total.	0,0040	*Total.*	0,0012

ESTIMACION DE AHORROS

Ahorro con el cambio propuesto (0,0040 $ — 0,0012 $) igual a 0,0028 $ por caja.
Necesidades anuales probables: 1.250.000 cajas. *Estimado por* el Depart. de ventas.
Ahorro anual estimado (basado en 1.250.000 por año) ... 3500,00 $

COSTE ESTIMADO DEL CAMBIO	$	Est. por
Proyecto	$	» »
Equipo	500,00 $	» »
Instalación	$	» »
	$	» »
	$	» »
	$	» »
Coste total del cambio	500,00 $	

Ahorros anuales probables ... 3000,00 $
Menos coste total del cambio ... 500,00 $
Ahorros netos el primer año ... 2500,00 $
El método nuevo se amortizará en meses ... 2
Nota.—Se necesitan 100 sellos de goma, a 5,00 $ cada uno.
Sugerido por John Ryan.
Informe realizado por T. A. Wilson.

CC a

ADJUNTOS
1 *Hojas de dibujos.*
Hojas de impresos.
2 *Hojas de detalles.*

	FECHA		FECHA
Considerado primte.		*Aprobado.*	
Comienzo de la invest.		*Instalado.*	
Inf. presentado el		*Inf. final.*	

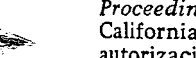
FIG. 7.—Informe de reducción de costes. Tamaño del impreso, 21,6 × 28 cm.

Informe sobre reducción de costes.—Es esencial hacer una estimación previa del ahorro que se espera obtener como consecuencia del perfeccionamiento de los métodos y redactar un informe después que el proyecto se ha terminado y puesto en práctica.

El informe de reducción de costes mostrado en la figura 7 se usa para presentar al director de la fábrica los cambios propuestos, y también para informar sobre el ahorro conseguido con los métodos nuevos, una vez que han sido adoptados.

Los tiempos unitarios para los métodos antiguo y moderno se basan en estudios de tiempos o en datos de producción total, según sean unos u otros los más representativos para el proyecto de que se trate. Los costes de mano de obra están basados en la retribución media para la tarea en cuestión, a la que se le suma la bonificación media del departamento y un porcentaje para cubrir los diversos seguros y gastos directamente relacionados con los costes de mano de obra.

Los ahorros calculados no incluyen gastos generales fijos, como inspección y cargas de maquinaria, porque los gastos anuales para estas atenciones no disminuirían necesariamente reduciendo las necesidades de mano de obra para una tarea definida. Si un cambio propuesto aumentara la capacidad de la máquina y esta capacidad adicional pudiera evitar la compra de más equipo, se daría a conocer el hecho en una nota adjunta al informe de reducción de costes.



CAPITULO V

ESTUDIO DE METODOS DE TRABAJO VISION GENERAL

En los primeros tiempos, el proceso de producción se basaba en la destreza del artesano, quien por medio de sencillas herramientas transformaba los materiales en un producto utilizable. Gradualmente, se aprendió a transferir a las máquinas ciertas habilidades del operario, lo cual, junto con la demanda creciente de productos idénticos o similares, dio origen al sistema fabril. Se implantó la división del trabajo aprendiendo el obrero a realizar rápidamente operaciones cortas y reiteradas. La productividad del trabajador fabril aumentó aún más mediante el empleo de plantillas, dispositivos y máquinas. Y así, la producción consiste actualmente en la creación de un producto, combinando el empleo de hombres, máquinas y materiales.

Cuando se va a lanzar un producto al mercado, es necesario proyectarlo, especificar los materiales que requiere su fabricación, elaborar los métodos de producción y diseñar las herramientas y máquinas necesarias. En la primera fase del proyecto del producto hay que tener en cuenta los materiales a emplear y el proceso de fabricación, conjuntamente con las normas de calidad y el coste final. Hay casi infinitos procedimientos de fabricar un producto, como de explotar una finca rústica o una mina de carbón. El proyectista de métodos dispone del procedimiento sistemático de resolución de problemas, que le ayudará en la determinación de los métodos y procesos que deben emplearse preferiblemente.

En general, el proceso de creación de un nuevo producto puede dividirse en tres partes o etapas:

1. Planeamiento.
2. Pre-producción.
3. Producción.

La General Motors Corporation ha representado gráficamente (1) estas tres fases (Fig. 8), dando especial importancia al estudio de métodos o "control del método operatorio", como se denomina en la citada Empresa.

(1) R. D. McLandress: Methods Engineering and Operations Research", *Proceedings Twelfth Annual Industrial Engineering Institute,* Universidad de California. Los Angeles-Berkeley págs. 41-48, febrero 1960. Reproducido con autorización de General Motors Corporation.

Planeamiento.—Es la primera fase de cualquier proceso de fabricación o de producción. Como indica la figura 8, hay seis funciones básicas de planeamiento: 1) El *proyecto del producto,* cuyo resultado es un dibujo o dibujos indicando la forma, tamaño, peso, material y utilización final. 2) El *proyecto del proceso,* que consiste en determinar el sistema de producción, es decir, las operaciones necesarias y su secuencia; las dimensiones y tolerancias; las máquinas, herramientas, galgas y aparatos necesarios. 3) El *proyecto del método de trabajo,* que consiste en establecer las relaciones entre el hombre y la tarea, determinando cómo realizará el obrero el trabajo, el lugar de trabajo, movimiento de piezas y materiales y valoración económica. 4) El *proyecto de herramientas y equipo,* que consiste en determinar las plantillas, dispositivos, galgas, herramientas y máquinas que se necesitarán para realizar las operaciones. 5) El *proyecto de la distribución en planta,* que consiste en determinar el espacio necesario para la colocación general de los medios de producción, almacenes, centros de servicio, espacio útil de cada puesto de trabajo, manejo de materiales y relaciones hombre-máquina. 6) La *determinación del tiempo tipo* para la operación, que consiste en medir la cantidad de trabajo contenida en la tarea.

El planeamiento es un proceso de decisión, en el cual se determina un objetivo, y se elige entre diversas alternativas, y cuyo resultado es una pieza o producto específico, y las especificaciones para su obtención. Por ejemplo, cuando un fabricante de material eléctrico planeó la fabricación y venta de una serie de accesorios eléctricos, un equipo, compuesto por un ingeniero proyectista, un ingeniero de organización y los responsables de la fabricación, comenzó este trabajo estudiando los métodos de proyecto y de fabricación empleados para la producción de artículos análogos ya existentes en el mercado, con lo que, en definitiva, se consiguió un proyecto original con un mínimo de elementos y de operaciones y con la mejor utilización de la materia prima. Las horas de mano de obra directa necesarias se fijaron mediante tiempos predeterminados. Todo ello facilitó al equipo la comparación de proyectos alternativos y la selección, entre ellos, del de menor coste. Una vez determinado y ensayado el mejor proyecto se elaboraron métodos detallados de producción, montaje e inspección, se eligieron las instalaciones e instrumentos idóneos para la fabricación del producto y se dispuso su distribución en la fábrica con arreglo a un modelo tridimensional de la disposición de máquinas, inspección y zonas de almacenamiento, así como las del equipo de manipulación y de servicio. De esta manera fue posible calcular los costes de mano de obra directa y estimar los de mano de obra indirecta y otros gastos generales. Los costes de materiales se determinaron como una parte de la actividad de planeamiento.

Pre-producción.—Es la fase de transición. La información del estudio se transmite a la organización de la producción. Las máquinas, herramientas y dispositivos se compran, se instalan y se prueban. El control ordinario del trabajo se suaviza. Se seleccionan obreros para adiestrarlos en determinadas tareas. El método operatorio planeado se confronta cuidadosamente con el método empleado, y su tiempo real de ejecución se compara con el previsto. Durante este período se prueban todas las operaciones que forman parte de la actividad general de producción.

Producción.—Con esta palabra nos referimos a la continuidad de la actividad fabril establecida en las dos fases anteriores. Comprende el empleo de hombres, máquinas y materiales, encaminado a la fabricación más eficaz de la pieza o producto. Además, siempre hay que tener presente la necesidad de: 1) evitar que los métodos aplicados se desvíen perjudicialmente de los planeados, y 2) examinar constantemente los métodos aplicados para su mejora, y cuando se encuentre otro método mejor, llevarlo a la práctica, ya que este resulta entonces el método preferible.

Un caso concreto: proyecto de un taller destinado a la fabricación de cajas de cartón para embalaje.—Se supone que una gran empresa papelera desea contruir una fábrica de cajas de cartón especial para embalaje. El principal objetivo puede ser una adecuada retribución al capital invertido, o que el taller sirva también de salida para el papel kraft que la empresa fabrica y vende. Otros objetivos pudieran ser reducir los costes unitarios de materiales y de mano de obra y conseguir la mejor utilización de los medios de producción, o sea su menor coste de explotación.

Ante todo, debe hacerse un estudio del mercado para determinar la naturaleza y extensión de la demanda presente y estimar la futura. El resultado será un factor determinante de la capacidad de la fábrica y de las previsiones para futuras ampliaciones de la misma. Al mismo tiempo debe estudiarse el emplazamiento geográfico, y dentro de él, la ubicación de la factoría. De obtener la información previa necesaria para tomar las decisiones anteriores se encargará un equipo compuesto por un ingeniero de organización, un ingeniero de proceso o un ingeniero mecánico y un analista de mercado.

Pasos a seguir en el proyecto del proceso y de los métodos de producción.—El ingeniero de organización, en colaboración con un ingeniero mecánico y un supervisor de producción de alguna de las fábricas de la empresa, determinará exactamente el proceso de fabricación que deba emplearse, el movimiento general de materiales, los métodos de manipulación de las materias primas, de las piezas durante el proceso

CONTROL DEL METODO OPERATORIO

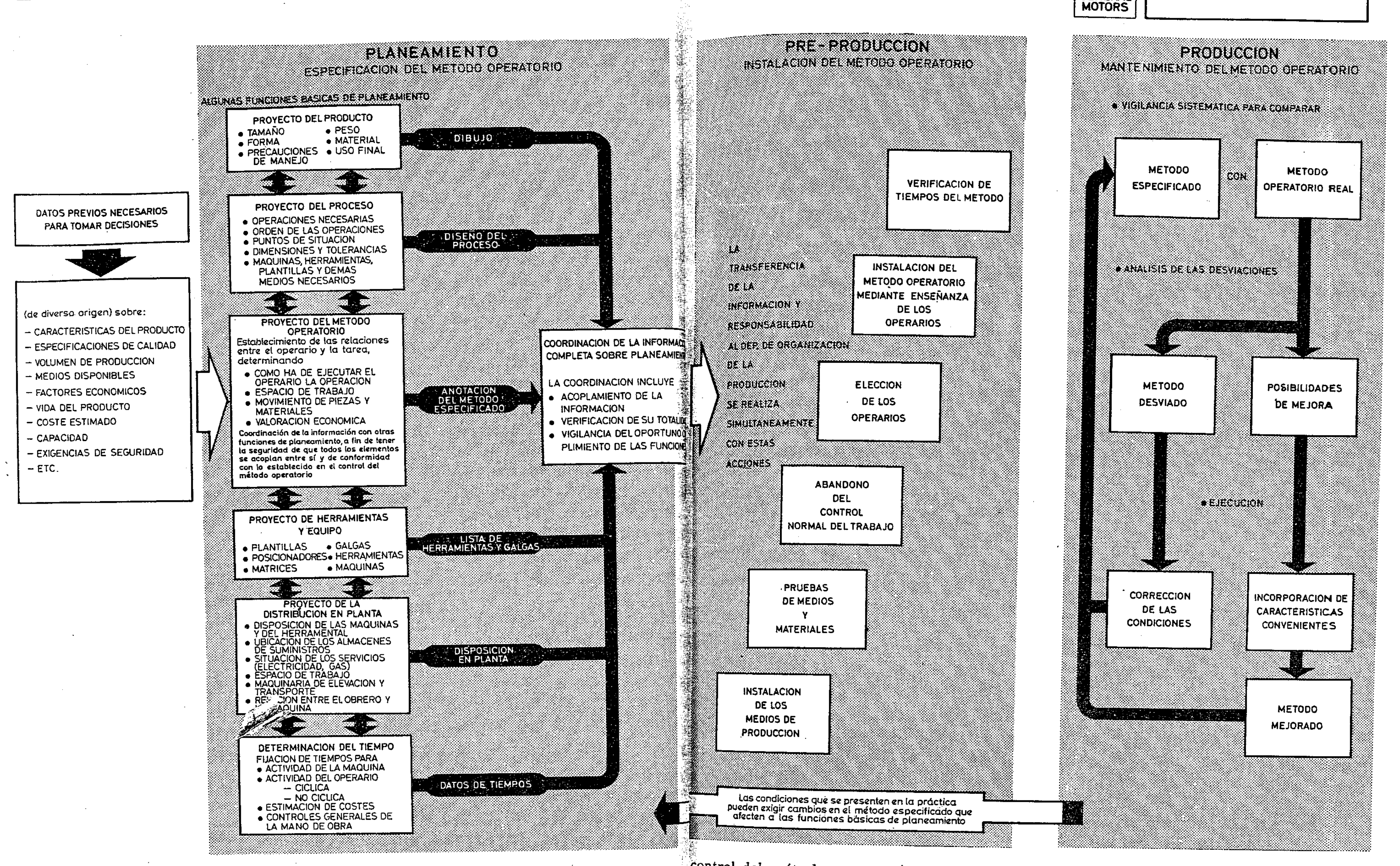


FIG. 8.—Factores a considerar en control del método operatorio.

de fabricación y del producto acabado. También asumirá la responsabilidad de detallar el método operatorio y la distribución en planta dentro del lugar de trabajo para cada operación, y también la distribución general en planta. Cuando no resulte evidente la superioridad de un método sobre otro, presentará un análisis detallado de cada uno de los que puedan utilizarse para realizar una operación determinada. Por ejemplo, las cajas de cartón acabadas, procedentes de la máquina encoladora, podrán contarse y atarse en paquetes a mano, o con máquina automática, por lo cual debe presentarse una propuesta independiente para cada método, juntamente con una recomendación del método que se considere preferible. Como resultado del estudio de métodos se redactará un informe que indique el personal necesario para manejar cada elemento del equipo durante los diversos turnos de trabajo, incluyendo tanto los conductores de carretillas mecánicas como la plantilla de los departamentos de recepción y expedición, los operarios encargados de la máquina empaquetadora e, incluso, los supervisores necesarios en cada turno.

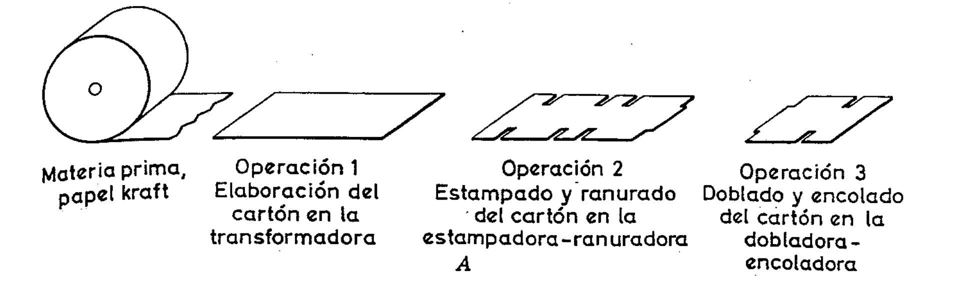
Es muy complejo el proyecto de los medios de producción en un caso como este. Por ejemplo, el funcionamiento de la máquina transformadora, cuya longitud es de unos sesenta metros, y que representa una inversión del orden de 750.000 dólares, no es un proceso sencillo; probablemente exigirá la intervención de diversos especialistas en su proyecto. Además, es de esperar que durante las fases de preproducción y de "arranque" se introduzcan algunos cambios y modificaciones.

Exposición detallada del problema.—Se trata de construir una nueva fábrica de cajas de cartón ondulado y de cartón homogéneo. Las cajas se fabricarán según pedido y especificaciones de los clientes. Las dimensiones varían entre 10 × 10 × 10 cm y 115 × 115 × 100 centímetros. El proceso consistirá en: 1) convertir el papel kraft en cartón ondulado o en cartón homogéneo y cortarlo a las dimensiones deseadas; 2) estampar y ranurar las hojas; 3) doblar, engrapar, encolar o encintar las costuras, contar y atar en paquetes, y 4) recibir y expedir los paquetes de cajas terminadas (Fig. 9).

Especificaciones. Materias primas. Papel kraft cuya consistencia varía desde ligera (9gr/cm²) a pesada (45 gr/cm²). Dimensiones de los rollos: anchura, desde 110 a 220 cm; diámetro, 135 cm; peso, hasta 2.250 kg. 2. Fécula adhesiva de maíz.

Especificaciones. Necesidades de equipo y de producción.

A) *Transformadora* con capacidad hasta 11.600 metros cuadrados hora o 6.100 metros lineales/hora (véase Fig. 345). El tiempo necesario para cambiar la longitud o anchura de la hoja o la clase de papel es de un minuto.



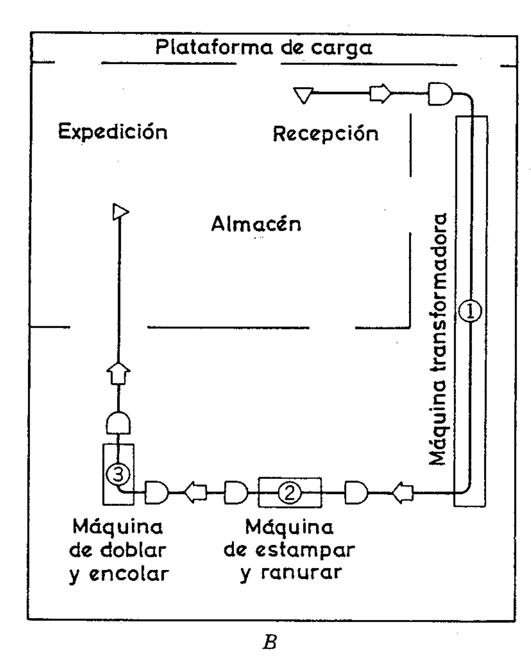


FIG. 9.—Fabricación de cajas de cartón para embalaje: A, operaciones necesarias para fabricar la caja de cartón: B, diagrama de recorrido para la fabricación de cajas de cartón.

La transformadora debe ser capaz de producir:

1. Dos, tres o cuatro capas de cartón homogéneo.
2. Cartón ondulado de dos caras y cartón ondulado de doble y triple pared.

La transformadora debe trabajar en tres turnos de ocho horas por día, cinco días por semana, cincuenta semanas por año. Su capacidad es de 1.000.000 de metros cuadrados por semana. El tiempo máximo

de parada esperado es el 3 por 100. El desperdicio supuesto en la máquina es del 2 por 100, y el total esperado en todas las operaciones de la fábrica, incluyendo la transformadora, es el 10 por 100.

B) *Estampadora-ranuradora* (véase Fig. 10) capaz de trabajar hojas de cartón de las dimensiones que se indican en la tabla IV. La impresión puede ser a uno o dos colores. Para más colores es necesario repetir la operación. Las tintas y troqueles de impresión se adquieren fuera de la empresa. El tiempo necesario para preparar la máquina, cualquiera que sea su tamaño, es de treinta minutos.

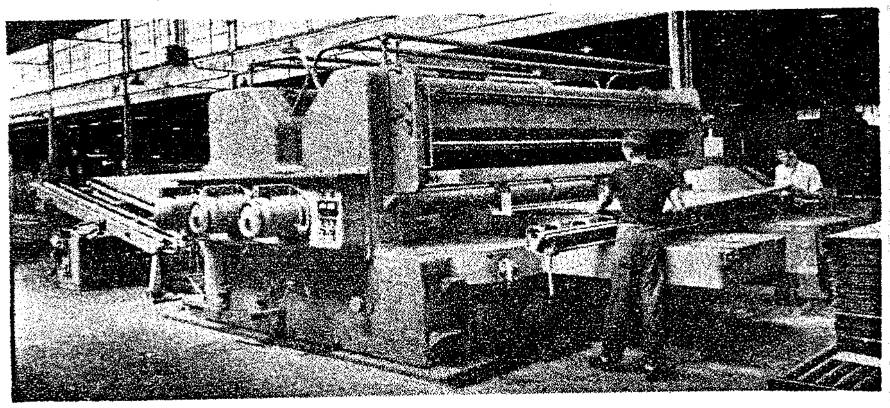


Fig. 10.—Máquina estampadora-ranuradora.

Tabla IV.—Especificaciones para estampadora-ranuradora

Tamaño de la estampadora ranuradora	Tamaño de las hojas de carton (en cm)		Velocidad de la estampadora (piezas por hora)
	Mínimo	Máximo	
A	15 × 25	60 × 165	5.000
B	50 × 60	85 × 200	5.000
C	60 × 75	125 × 250	5.000
D	75 × 100	200 × 450	1.500

C) *Dobladora-encoladora* (véase Fig. 11) capaz de manejar hojas de:

Tamaño A, Mínimo 25 × 75 cm, Máximo 85 × 200 cm.
Tamaño B, Mínimo 30 × 85 cm, Máximo 125 × 250 cm.

La velocidad de la dobladora-encoladora es de 10.000 cajas de cartón por hora. Las cajas de cartón pueden hacerse: *a)* engrapando; *b)* encolando, o *c)* uniendo con cinta adhesiva las costuras. Las hojas de cartón deben engraparse o encintarse si su tamaño es inferior a 25 × 75 cm o superior a 125 × 250 cm. Los demás tamaños pueden engraparse, encolarse o encintarse. El tiempo de preparación de la máquina, cualquiera que sea su tamaño, es de veinte minutos.

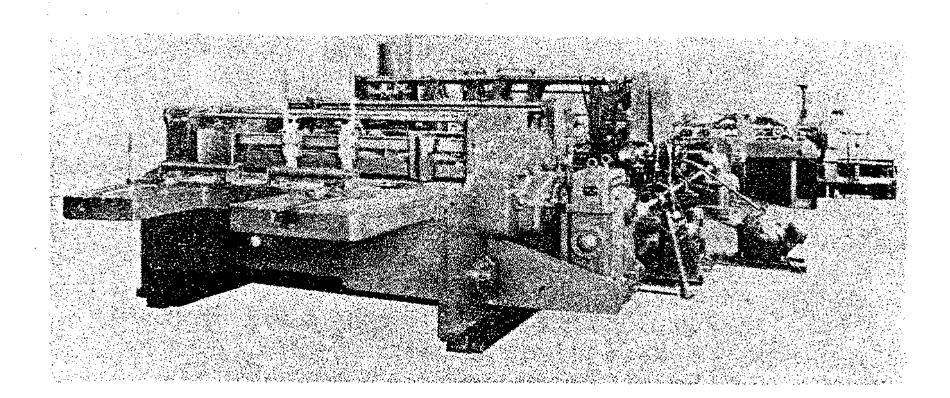


Fig. 11.—Máquina dobladora-encoladora, con capacidad de producción de 3.000 metros por hora.

Estimación del coste de la instalación

Conceptos	Coste por unidad instalada (en dólares)
Transformadora	750.000
Estampadora-ranuradora	70.000
Dobladora-encoladora	60.000
Caldera de vapor	9.000
Mezcladora de adhesivos	6.000
Carretillas mecánicas	8.000
Prensa de desperdicios de cartón	65.000
Construcción del edificio y servicios	750.000

PLAZOS

ACTIVIDAD	Meses
Proyecto general ...	3
Construcción del edificio y servicios ...	2
Montaje ...	2
"Arranque" de la instalación hasta conseguir su plena capacidad de producción ...	5
TIEMPO TOTAL ...	12

Estudio de métodos de trabajo.—Este ejemplo, relativamente sencillo, se ha empleado para mostrar cómo en el proyecto de la fábrica deben considerarse conjuntamente hombres, máquinas, materiales y métodos. El proyecto debe cumplir ciertas especificaciones en cuanto a volumen, cantidad de desperdicios, dimensiones y coste del producto terminado. Puesto que doce meses es el plazo máximo concedido para proyectar, construir y llevar a pleno funcionamiento la fábrica, es evidente que no permite ampliar las investigaciones para determinar nuevos métodos de fabricación de cajas para embalaje utilizando, por ejemplo, materias plásticas, fibra de vidrio o caucho, en vez de cartón. Además, probablemente tendrían que aprovecharse los medios y procesos ya existentes. Cabe desarrollar algunas nuevas características en la maquinaria y en la disposición en planta y, desde luego, en el diseño del método operatorio. Aunque es cierto que se tiene mayor grado de libertad en la concepción de métodos de trabajo cuando se trata de un nuevo proceso o sistema que cuando hay que mejorar una actividad ya en práctica, siempre existen numerosas especificaciones y restricciones, y entre ellas las de tiempo y costes.

CAPITULO VI

ESTUDIO DE METODOS DE TRABAJO

DESARROLLO DE UN METODO MEJOR

Cuando se está proyectando o desarrollando un nuevo producto o servicio, casi siempre se considera el sistema o proceso que será necesario para fabricar el producto o realizar el servicio. En esta fase se presenta la mayor oportunidad de estudiar el proceso para conseguir los mejores sistemas y métodos de producción. Sin embargo, la experiencia demuestra que no existe un "método perfecto". En realidad, siempre hay oportunidades de mejora. Además las condiciones pueden variar, pues factores tales como volumen y calidad del producto, clase y precios de las materias primas, y disponibilidad de la maquinaria, pueden llegar a ser diferentes de los que existían al iniciarse la producción. Por ello, siempre se presenta la oportunidad de mejorar procesos y métodos, incluyendo nuevo diseño del producto mismo y de sus componentes (véanse Figs. 12 y 13), así como normalización y mejor utilización de las materias primas (véase Fig. 14).

Puesto que este aspecto de mejora de los métodos es tan importante en toda fase del esfuerzo humano, se le da gran importancia en la presente obra. Tanto al proyectar un método destinado a una actividad ya existente, como al proyectar una actividad nueva, debe emplearse el procedimiento general de resolución de problemas. Esto significa determinar el objetivo a conseguir, o sea formular el problema, analizarlo, obtener los datos, determinar las especificaciones y restricciones y obtener información acerca de su magnitud, es decir, de los ahorros potenciales por año y durante la vida del producto. Sin embargo, no siempre se disfruta del mismo grado de libertad; por el solo hecho de estar en marcha la actividad existen muchas restricciones, debiendo considerarse "lo que cuesta hacer el cambio".

Al buscar el método mejor, el analista no se dejará influir indebidamente por el ya utilizado, sino que estudiará imparcialmente todas las maneras posibles de alcanzar el objetivo fijado, sin limitarse a intentar una simple mejora del método existente.

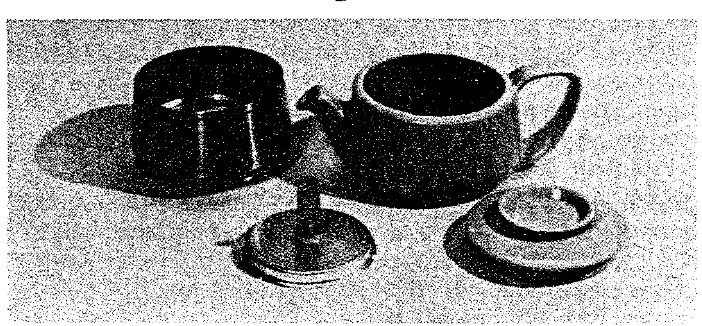
Búsqueda de las soluciones posibles. Desarrollo del método preferible.—A fin de elegir el método preferible, deberán seguirse los siguientes pasos:



A

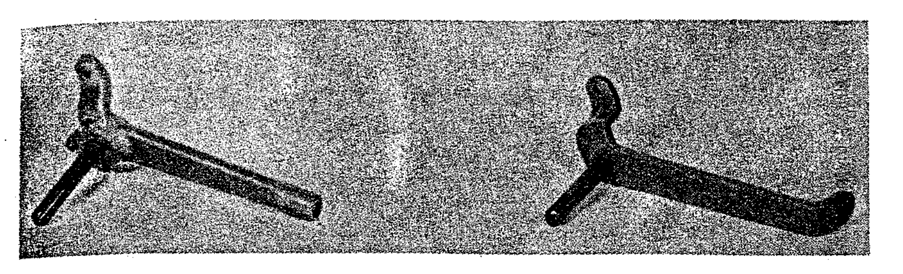


B



C

FIG. 12.—Este producto, proyectado nuevamente a fin de darle mejor apariencia, tiene cuatro componentes, en vez de seis. (De HAROLD VAN DOREN, *Industrial Design*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1954. Las fotografías han sido reproducidas con autorización de Cushing & Nevell.)



A B

FIG. 13.—Palanca de regulación del carburador, utilizada en un tractor Caterpillar.

A, proyecto primitivo

Material, hierro fundido maleable.
Operaciones de máquina necesarias:

4 de taladrado.
2 de escariado.
2 de terrajado.
1 de serrado.

B, nuevo proyecto

Material, acero estampado.
Operaciones de máquina necesarias:

1 de corte y punzonado.
1 de desbarbado.
1 de embutición.

Nota: Con el método primitivo era necesaria una chaveta Woodruff en ambos extremos, pues el eje estaba chaveteado a la palanca. Con el nuevo método solamente es necesaria una chaveta en un extremo del eje, pues el otro está soldado a la palanca estampada.

Ahorro: El coste del nuevo método es el 66 % del coste del anterior.

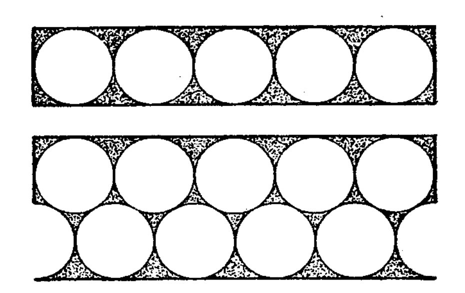


FIG. 14.—Ahorro de materiales. El Departamento de Transmisiones de la General Motors en Detroit ahorró en un año 567 toneladas de acero cortando una fila doble de discos de embrague sobre la chapa de acero en lugar de una fila sencilla. Además de un ahorro equivalente al de la carga de 10 vagones, se ahorraron 25.000 dólares anuales en gastos de transporte y manipulación. (De PHILIP E. CARTWRIGTH, "Measured Day Work and Its Relationship to a Continuous Cost Reduction Program", *Proceedings of the Nineteenth Time and Motion Study Clinic*, IMS, Chicago, noviembre 1955.)

A. Eliminar todo trabajo innecesario.
B. Combinar operaciones o sus elementos.
C. Cambiar el orden de las operaciones.
D. Simplificar las operaciones necesarias.

Es muy posible que se tome en cuenta más de un método. Como ya se dijo en el capítulo 3, en general es deseable proyectar: 1) un método ideal; 2) un método que pueda llevarse inmediatamente a la práctica, y 3) un método que pueda aplicarse en caso de que desaparezcan ciertas restricciones o limitaciones.

A) Eliminar todo trabajo innecesario.—En la actualidad se realiza muchísimo trabajo que no es necesario. En muchos casos no debiera estudiarse la tarea para su simplificación o mejora, sino eliminarla totalmente.

La Procter and Gamble Company ha encontrado tan provechosa la eliminación de trabajo y costes, que ha establecido un procedimiento formal llamado "método de eliminación" (1). Aunque la empresa se ocupa constantemente de mejorar métodos y simplificar el trabajo, cree que la solución ideal es eliminar el coste. Su método de eliminación de costes es el siguiente:

1. *Selección del coste a estudiar.*—Ante todo debe seleccionarse un coste importante, a fin de obtener posteriormente mayores economías. Además, la eliminación de un coste importante conduce frecuentemente a la eliminación de muchas operaciones menores. Los costes de mano de obra, materiales, administrativos y gastos generales de todas clases constituyen posibles objetivos de eliminación. Pueden eliminarse tanto las operaciones eficaces como las que no lo son tanto. El procedimiento de indagación es de fácil empleo. No son necesarios cálculos, trámites administrativos ni, en general, un conocimiento completo de la tarea o actividad.

2. *Identificación de la causa básica.*—Para ello se encamina la investigación a la determinación de la causa básica que hace necesario el coste. Una causa básica es la razón, propósito o intención, de la cual depende la eliminación del coste. La causa básica es el factor que controla la eliminación del coste. La pregunta clave es: ¿Podría eliminarse este coste si no existiera la causa básica? En *esta fase* no se hacen preguntas como ¿por qué es necesaria esta operación?, o ¿cómo

(1) Arthur Spinanger: "The Elimination Approach. A Management Tool for Cost Elimination", trabajo presentado en la reunión del American Institute of Industrial Engineers, Cincinnati, Ohio, 18 de mayo de 1960. (Reproducido con autorización de Procter and Gamble Company.)

podría realizarse mejor esta operación? Y no se formulan estas preguntas porque tienden a justificar o defender que continúe la existencia de la tarea mientras que el objetivo es encontrar la causa básica, pudiendo eliminarse en seguida las operaciones que carezcan de ella. Cuando no es así y, por tanto, existe una causa básica, se pasa a la fase 3.

3. *Análisis de la causa básica para su eliminación.*—Si ha sido identificada, puede hacerse el análisis de dos maneras:

a) Ignorando la causa básica, considerar lo que podría suceder si la operación no se ejecutara. Si eliminando la operación pueden obtenerse los mismos o mejores resultados, habrá que considerar su eliminación. No obstante, puede resultar peligroso ignorar la causa básica, siendo necesario: 1) determinar la zona de influencia de la causa básica: ¿qué puede suceder, además, si se elimina la causa básica?, y 2) determinar el "precio" de la causa básica: ¿hay una ganancia adecuada a los gastos realizados para obtener los resultados que se desean? Si no puede despreciarse la causa básica, la segunda oportunidad de eliminación es:

b) Aplicar la pregunta "¿por qué?" Si parece necesaria la tarea que se examina, ¿puede eliminarse la precedente, haciendo quizá innecesarias las tareas sucesivas? Si no es posible la eliminación total, se tratará de llegar a una eliminación parcial. Cuando se presenten varias posibilidades se procurará adoptar la de coste mínimo. Se identificará la causa básica de cada uno de los factores que intervienen, y se harán preguntas tendentes a su eliminación o cambio.

Muchas veces es conveniente emprender la eliminación de costes sobre la base de un departamento o de una fábrica. Para ello, varios miembros directivos calificados, trabajando en equipo, pueden colaborar en la identificación de la causa básica de los costes seleccionados para su estudio.

Cubiertas sin cámara interior.—Se ha eliminado la cámara interior de la cubierta de automóvil, cuya causa básica era contener el aire e hinchar la cubierta. La posibilidad alternativa fue proyectar la rueda y la cubierta del automóvil de manera que esta contuviera el aire, con lo cual la cámara resultó innecesaria. Se tomó esta decisión, y se eliminó la cámara interior.

Envasado de lechugas en cajas de cartón.—Hasta hace poco tiempo, las lechugas se embalaban y expedían en grandes cajas de madera, con un peso total de unos 55 kilogramos. Durante la operación de embalaje se esparcía hielo entre las capas de lechugas. Recientemente se ha puesto en práctica un método mejor, en el que se emplean cajas de cartón cuyo peso es de 20 kilogramos, aproximadamente. En el mismo campo se seleccionan las lechugas, se cortan y se envasan. En seguida

se llevan a una instalación de vacío para enfriarlas rápidamente a una temperatura comprendida entre 2 y 3° C., con lo que se hace innecesario el hielo. En la actualidad, el 75 por 100 de la lechuga recogida en California se envasa en cajas de cartón en vez de hacerlo en las de madera, con lo que se obtiene un ahorro de unos tres dólares por caja, y son unos 60.000 los vagones de lechuga que se exportan al año. Se eliminó el empleo de hielo, y la sustitución de las cajas de madera por cajas de cartón redujo los gastos de embalaje.

Etiquetas de fechado.—Originariamente se estampaban en clave cuatro sobre cada etiqueta de los paquetes de sopa procedentes de la línea de envase. Su causa básica era que el personal de ventas de las tiendas quería saber cuándo se había elaborado el producto. Esto parecía necesario, pero como una fecha bastaba, las tres restantes se eliminaron. En este caso, el coste se eliminó parcialmente.

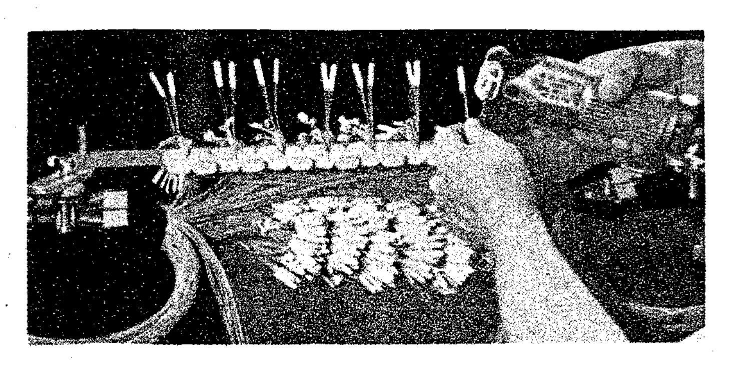
Empalme de conductores eléctricos aislados (2).—A lo largo de las líneas de cables de la Bell System se realizan empalmes a razón de 250.000.000 por año. Anteriormente las conexiones se hacían "pelando" el aislamiento, retorciendo juntos ambos conductores e introduciéndolos en un manguito aislante. En la actualidad, mediante una nueva pieza de fijación, se hacen las conexiones más rápidamente, e incluso son de mejor calidad (Fig. 15). El operario introduce los extremos de cable a empalmar, con su aislamiento intacto, dentro de la pieza de fijación o conexionador, y luego aplana este mediante una herramienta neumática. Unos salientes de bronce fosforoso elástico, situados en el interior del conexionador, muerden el aislamiento y se ponen en contacto con el conductor de cobre. De esta manera se han eliminado a la vez el pelado del aislamiento y el retorcido de los conductores.

Beneficios de la eliminación de trabajo.—Si puede eliminarse una operación, no hay necesidad de gastar dinero en la instalación de un método mejorado. No se causará ninguna interrupción o retraso mientras el nuevo método se desarrolla, se comprueba y se pone en práctica, ni será necesario enseñar a los operarios el nuevo método. La resistencia al cambio es mínima cuando se elimina una operación o actividad que se juzga innecesaria. Para simplificar una operación, el procedimiento mejor es encontrar alguna manera de conseguir los mismos o mejores resultados con un coste nulo.

B) Combinar operaciones o sus elementos.—Aunque es corriente dividir el proceso en muchas operaciones sencillas, la descomposición o subdivisión del trabajo se ha llevado demasiado lejos en muchos casos. A veces, un proceso se puede subdividir en tantas operaciones

(2) Reproducido con autorización de Bell Telephone Laboratories.

que se originen demasiados transportes o manipulaciones de materiales y herramientas. También pueden dar lugar a otros problemas, como la dificultad de coordinar tantas operaciones, la acumulación del trabajo entre diversas operaciones cuando no existe un programa de trabajo adecuado y las esperas imputables a la inexperiencia de los obreros, o a encontrarse estos fuera del trabajo (3). Algunas veces es posible hacer más fácil el trabajo simplemente combinando dos o más operaciones, o también introduciendo en el método ciertos cambios que permitan combinar algunas operaciones.



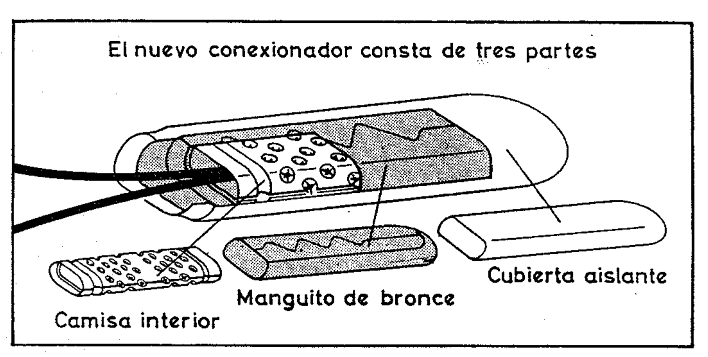


FIG. 15.—Empalme de conductores eléctricos sin necesidad de quitar su aislamiento ni de retorcerlos.

La figura 16 muestra cómo dos pequeños transportadores colocados junto a una máquina de moldear, en una fábrica de muebles, eliminan un peón dedicado a transporte y hace posible que un hombre realice el trabajo de dos. En la figura, el obrero alimenta la máquina y coloca

(3) Para un análisis más detallado de la división del trabajo y de la ampliación de la tarea, véase el capítulo XXI.

en la carretilla los listones acabados a medida que vuelven a él en el transportador. La carretilla está dividida en cuatro departamentos, de los cuales solo se emplean tres para llevar el material en bruto; el cuarto recibe los listones acabados a medida que salen de la máquina. Esta modificación reduce el número de carretillas y ahorra espacio (4).

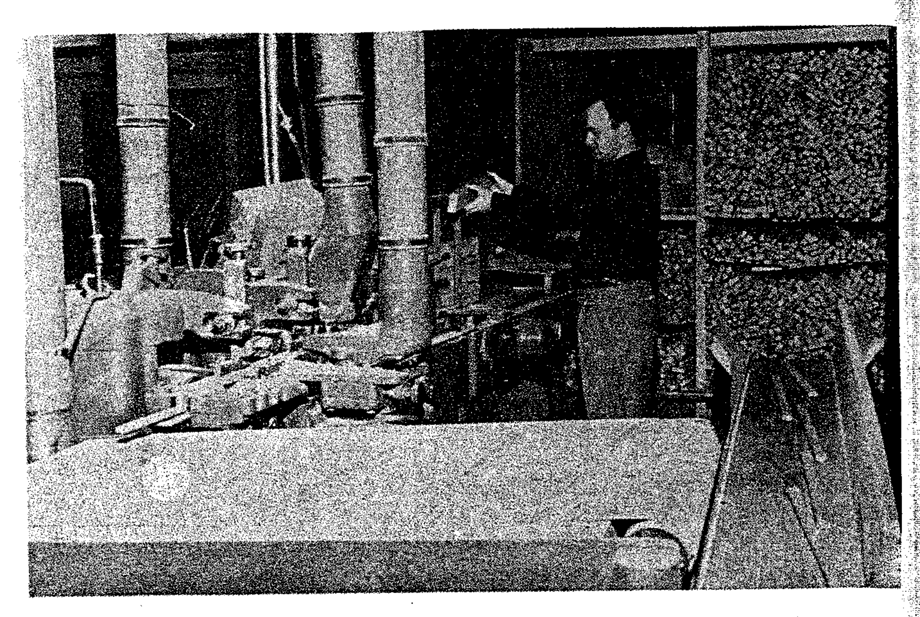


FIG. 16.—Dos pequeños transportadores eliminan un operario.

C) Cambiar el orden de las operaciones.—Cuando un producto nuevo empieza a fabricarse, se le suele producir en pequeñas cantidades sobre una base "experimental". Con frecuencia la producción aumenta gradualmente, llegando a ser muy grande con el tiempo y, sin embargo, el orden de las operaciones sigue manteniéndose como cuando la producción era todavía muy pequeña. Por estas y otras razones es muy deseable examinar el orden en que se desarrollan las distintas operaciones.

Veamos un ejemplo: en una fábrica se realizaban pequeños montajes mediante máquinas semiautomáticas en el Departamento *A* (véase figura 17). Las piezas montadas se almacenaban en el Departamento *B*, para ser inspeccionadas posteriormente en el *C* y embaladas, por último, para su expedición, en el Departamento *D*. Normalmente, solo se inspeccionaba un 10 por 100 de los montajes terminados. No obstante, cuando se descubría un número excesivo de defectos, todo el trabajo se sometía a una inspección 100 por 100, hasta que se encontraba y corregía la causa.

(4) MARTÍN S. MEYERS: "Evaluation of the Industrial Engineering Program in Small Plant Management", *Proceedings Sixth Industrial Engineering Institute*, página 37, Universidad de California. Enero 1954.

FIG. 17.—Plano del edificio destinado al montaje e inspección de piezas pequeñas producidas con máquinas semiautomáticas, según la disposición primitiva de los Departamentos. Como se observa, la inspección se realiza en el Departamento *C*.

Dado que transcurrían siempre varios días desde que se depositaban las piezas montadas en el Departamento *B* hasta que se efectuaba su inspección, cuando se encontraba un defecto había necesidad de inspeccionar la totalidad de las piezas acumuladas, con objeto de devolver las defectuosas para ser reparadas o desechadas. A fin de corregir esta dificultad se colocó a los inspectores a continuación del Departamento de montaje, de forma que el local de almacenamiento intermedio quedó eliminado, como muestra la figura 18.

De este modo, al inspeccionar cada montaje inmediatamente después de su terminación, los defectos se localizaban en seguida; las piezas rechazadas lo eran a los pocos minutos de producida la falta inicial, y esta podía corregirse rápidamente, evitando la producción de nuevas piezas de desecho.

Esta nueva disposición, que es fácil y económica, ahorró a la Compañía que la adoptó varias decenas de miles de dólares en costes de inspección y redujo notablemente el número de piezas desechadas.

Los diagramas de proceso y de recorrido que se describen en el capítulo siguiente indican la conveniencia de cambiar el orden de las

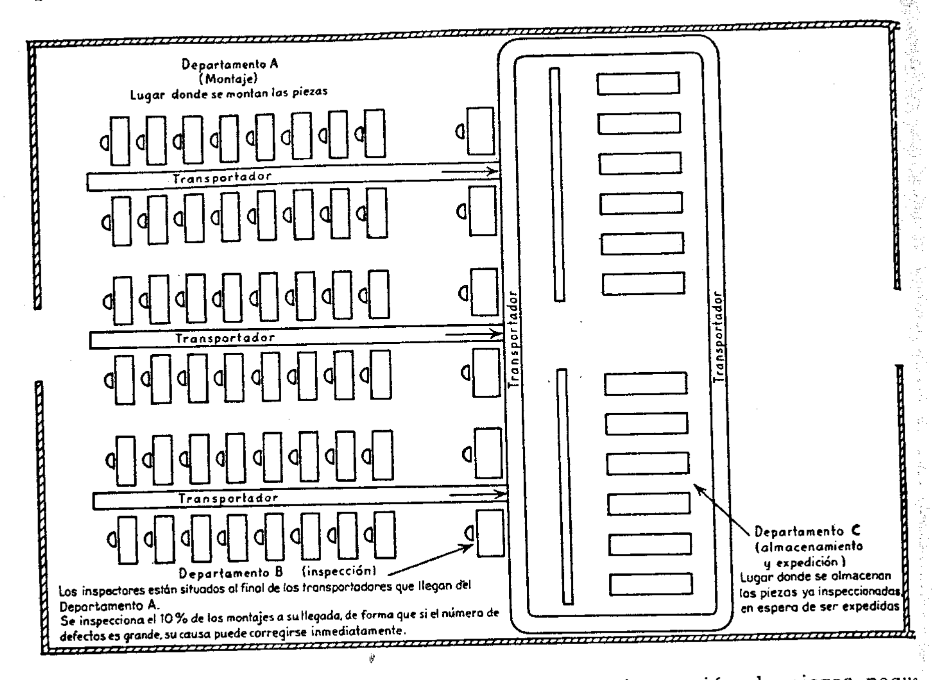


FIG. 18.—Plano del edificio destinado al montaje e inspección de piezas pequeñas producidas en máquinas semiautomáticas, de acuerdo con la nueva disposición adoptada. La inspección se realiza ahora inmediatamente después de la salida del Departamento de montaje.

operaciones, a fin de eliminar retrocesos en su marcha, reducir los transportes y manipulaciones y efectuar un flujo de trabajo uniforme a lo largo de toda la fábrica.

D) Simplificar las operaciones necesarias.—Después de haber estudiado en conjunto el procedimiento que se quiere mejorar y una vez introducidas en él las innovaciones oportunas, es preciso analizar una por una todas las operaciones del mismo, tratando de simplificarlas o mejorarlas. En otras palabras: primero se examina el cuadro de conjunto y se introducen en él las reformas fundamentales, luego se pasa a estudiar los pequeños detalles del trabajo.

Uno de los mejores caminos para abordar el problema del mejoramiento de los métodos de trabajo es examinar todo lo relacionado con la tarea en cuestión: *forma* en que se hace el trabajo, *materiales* que se utilizan, *herramientas* e *instalaciones, condiciones de trabajo* e incluso *diseño* del producto, suponiendo que no hay nada perfecto en la forma de realizarla, y comenzando por preguntar: ¿Qué? ¿Quién? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo? ¿Por qué?

1.° *¿Qué* se hace? ¿Cuál es el objeto de la operación? *¿Por qué* debe hacerse? ¿Qué sucedería si no se hiciera? ¿Es necesario cada elemento o detalle de la actividad?

2.° *¿Quién* hace el trabajo? *¿Por qué* lo hace esa persona? ¿Quién podría hacerlo mejor? ¿Podrían introducirse ciertos cambios en él para lograr que una persona con menos destreza y conocimientos pudiese ejecutarlo?

3.° *¿Dónde* se hace el trabajo? *¿Por qué* se hace allí? ¿Podría efectuarse más económicamente en otro lugar?

4.° *¿Cuándo* se hace el trabajo? *¿Por qué* entonces? ¿Sería mejor realizarlo en otro momento?

5.° *¿Cómo* se hace el trabajo? *¿Por qué* se hace de esa manera? Esto sugiere un cuidadoso análisis y la aplicación de los principios fundamentales de la economía de movimientos.

Examinaremos cada elemento o movimiento de la mano. De igual forma que en el análisis de conjunto del proceso tratábamos de eliminar, combinar o modificar el orden de las operaciones, ahora, en el caso de una simple operación, nos ocuparemos de eliminar movimientos, combinarlos o reajustar su orden de sucesión, de manera que los movimientos estrictamente necesarios constituyan una forma más fácil de ejecutar el trabajo.

Laboratorios de métodos.—Crece rápidamente el número de empresas comerciales e industriales que han creado sus propios laboratorios de métodos, dotándolos de personal e instalaciones para el estudio y mejora sistemáticos de los métodos de producción. En general, los primeros laboratorios de métodos se instalaron en industrias dedicadas a trabajos ligeros de montaje y a tareas repetitivas de ciclo corto. En estos laboratorios se desarrollaron métodos de producción, se proyectaron, construyeron y ensayaron modelos e instalaciones provisionales y, en algunos casos, se realizaron maquetas del puesto de trabajo. En ciertas ocasiones, se utilizaron películas para enseñar la tarea a los nuevos operarios; en otras, este aprendizaje se verificó en el mismo laboratorio.

La figura 19 muestra el laboratorio de estudio de movimientos de la fábrica de la General Electric Company, en Fort Wayne, tal como aparecía en 1929 y cuyo interés especial reside en ser uno de los primeros que se instalaron en Estados Unidos. En contraste con él, hace algunos años, una gran empresa de tractores creó un laboratorio de métodos y eligió como objetivo inicial la determinación de los mejores

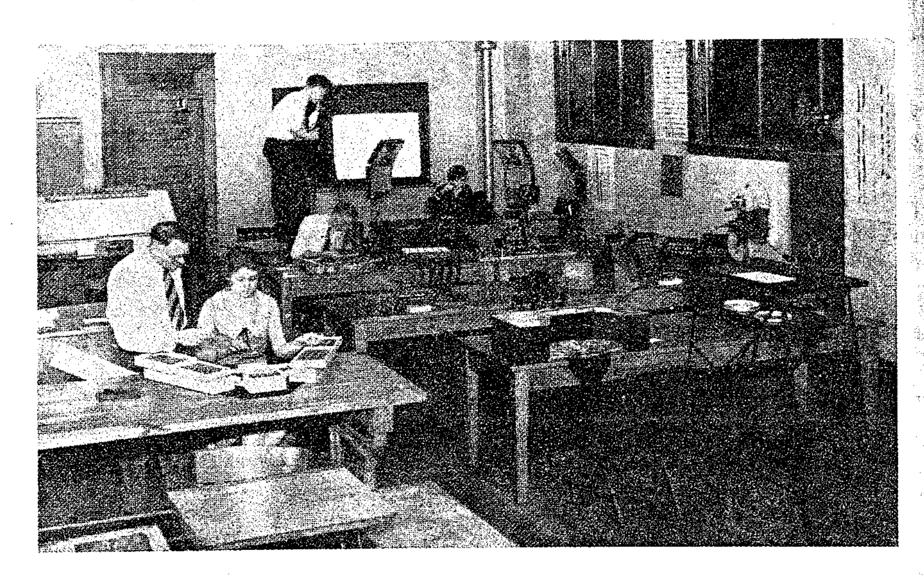


Fig. 19.—El primer laboratorio de estudio de movimientos de la General Electric Co. en Fort Wayne. (Cortesía de la General Electric Co.)

métodos de realizar las operaciones de soldadura relativas a la fabricación de sus productos, asignando a esa tarea doce hombres cuidadosamente seleccionados entre los componentes del Departamento de Ingeniería de Organización. Se necesitó aproximadamente un año para desarrollar y normalizar los métodos y procedimientos de soldadura y para establecer datos normalizados que permitieran predeterminar los tiempos tipo para dicho trabajo. A esta primera investigación siguió una serie ininterrumpida de estudios encaminados a aumentar la productividad y disminuir el coste de funcionamiento de las máquinas herramientas y equipo de producción de todo género empleado en la fábrica.

La figura 20 muestra el laboratorio del Departamento de Métodos y Normas de Trabajo en la Packard Electric Division, de la General Motors Corporation (5). Este laboratorio ocupa en la actualidad una ex-

(5) R. L. McLandress: "Organization and Coordination of Industrial Engineering in a Large Corporation", *Proceedings Eighteenth Time and Motion Study Clinic,* IMS, Chicago, págs. 96-102.

tensión de 840 metros cuadrados y comprende doce departamentos de proyectos, una sala de proyecciones y un departamento de oficinas. Los departamentos de proyectos pueden combinarse para estudiar proyectos de gran magnitud. El personal permanente de este laboratorio trata continuamente de encontrar nuevas mejoras de los métodos actuales, así como de idear y desarrollar mejores métodos, tanto para los pro-

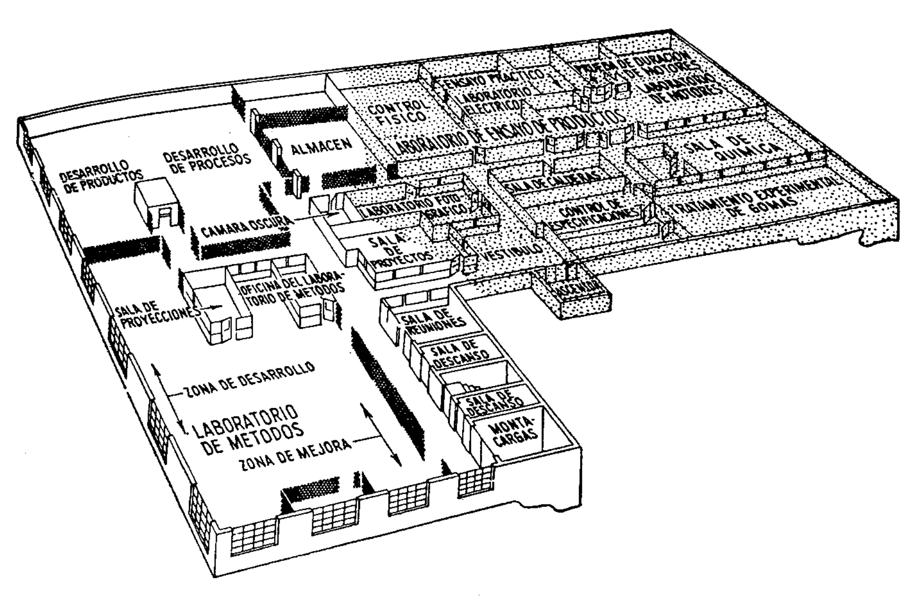


Fig. 20.—Laboratorio de métodos en la Packard Electric División de la General Motors Corporation.

ductos nuevos como para los existentes. En algunos casos se desarrollan métodos, se construyen modelos e instalaciones y se lleva a los obreros al laboratorio a fin de enseñarles el nuevo método antes que se implante en la fábrica.

Medios a emplear en la mejora de los métodos de trabajo.—Antes de iniciar el desarrollo de un método mejor y más fácil de trabajo, es imprescindible conocer con exactitud todos los factores que integran dicho trabajo, lo cual implica la posesión de una amplia información para contestar satisfactoriamente a las conocidas preguntas de qué, por qué, quién, dónde, cuándo y cómo, al propio tiempo que a las otras cuatro cuestiones de que nos hemos ocupado en los últimos epígrafes. Es corriente, por su utilidad, recoger la información en tablas o gráficos. Los diversos métodos que se emplean para apreciar de una ojeada el con-

junto de un proceso o de una operación se describirán con detalle en los cinco capítulos siguientes. Claro está que todos estos métodos no han de ser utilizados en un mismo trabajo. Por ejemplo, puede darse el caso de que todo lo que se necesite sea un diagrama de proceso o bien un diagrama de recorrido. Si el objeto del estudio es una operación aislada, puede utilizarse el diagrama de operación. El diagrama de actividad y el de hombre y máquina son también muy útiles y, a veces, puede resultar beneficioso ejecutar un análisis de micromovimientos de la tarea, sobre todo si el ciclo es corto y grande el número de personas que hacen la misma operación.

Por consiguiente, debe comprenderse claramente que el diagrama de proceso o de recorrido, el de actividad, el diagrama hombre máquina, el de operación y el de movimientos simultáneos son solo herramientas que han de ser utilizadas cuando convenga.

CAPITULO VII

ANALISIS DEL PROCESO

Antes de proceder a la investigación de una operación específica en un proceso, debe estudiarse el proceso completo de hacer una pieza o un trabajo. Un estudio de conjunto de este tipo comprenderá generalmente un análisis de cada fase dentro del proceso de fabricación.

Diagramas del proceso.—Estos diagramas sirven para recoger un proceso en forma resumida, a fin de adquirir un conocimiento superior del mismo y poder mejorarlo. Representan gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo o una serie de actos. Generalmente el diagrama se inicia con la entrada de la materia prima en la fábrica, siguiéndola a través de todas las fases, tales como transporte a almacén, inspección, operaciones mecánicas y montaje, hasta que quede convertida en una unidad terminada o formando parte de un submontaje. El diagrama puede ser utilizado, desde luego, para recoger el proceso a través de uno o varios departamentos. El estudio cuidadoso de este diagrama, en el que se da una visión gráfica de cada fase del proceso a través de la fábrica, sugerirá mejoras, sin ningún género de dudas. Frecuentemente se encuentra la posibilidad de eliminar totalmente ciertas operaciones o ciertas partes de una operación, de combinar una operación con otra, obtener un recorrido mejor para los materiales, usar máquinas más económicas, eliminar esperas entre operaciones y obtener otras mejoras, todo lo cual conduce al logro de un producto mejor a un coste más bajo. El diagrama del proceso ayuda a mostrar los efectos que los cambios introducidos en una parte de dicho proceso producirán sobre otras partes o elementos del mismo. Además, puede conducir al descubrimiento de ciertas operaciones que deben someterse a un análisis más cuidadoso. El diagrama del proceso, al igual que otros métodos de representación gráfica, debe ser modificado para adaptarlo al caso particular en estudio. Por ejemplo, puede mostrar en el orden debido las actividades de una persona, o bien señalar las fases que atraviesa el producto, la pieza o el material. El diagrama puede ser del *tipo de hombre* o del *tipo de producto*, pero *no* deben combinarse los dos tipos. Casi cualquier persona de la empresa puede hacer un diagrama del proceso y obtener provecho del mismo. Los capataces, inspectores, técnicos encargados de los procesos y de la distribución de la maquinaria deben estar tan familiarizados con él como los ingenieros de producción.

Hace muchos años, los Gilbreth idearon una serie de cuarenta símbolos que emplearon para hacer los diagramas del proceso (1). En los últimos años se ha utilizado extensamente la serie abreviada de cuatro símbolos mostrada en la figura 21, que resulta suficiente para muchas clases de trabajos. Estos símbolos sirven como una especie de taquigrafía para anotar rápidamente las fases o actividades de un proceso.

En 1947, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos estableció como típicos los cinco símbolos (2) reproducidos en la figura 22, que constituyen una modificación de la serie abreviada de Gilbreth, en la cual se ha sustituido el círculo pequeño por una flecha y se ha añadido un nuevo símbolo para representar las esperas. Aunque la industria se ha mostrado lenta para adoptar los símbolos *ASME,* su uso parece ir en aumento. Posiblemente no sea demasiado importante qué símbolos se utilizan en la formación de los diagramas del proceso y del recorrido y, en realidad, puede ocurrir que una empresa necesite una serie especial de símbolos para su uso particular (3); no obstante, la experiencia muestra que, en donde se espera la colaboración activa de capataces e inspectores para obtener mejores métodos por medio del análisis de procesos, es preferible usar la menor cantidad posible de símbolos, así como que la construcción de los diagramas resulte sencilla y de fácil comprensión.

○ Operación

○ Transporte

□ Inspección

▽ Almacenaje o espera

FIG. 21.—Símbolos de Gilbreth, para los diagramas del proceso.

Los símbolos usados en las figuras de este volumen son los que se representan en la figura 22 y se describen a continuación:

○ *Operación.*—Tiene lugar una operación cuando se altera intencionadamente un objeto en una o más de sus características. Una operación representa una fase principal del proceso y generalmente se realiza en una máquina o en un puesto de trabajo.

⇨ *Transporte.*—Tiene lugar un transporte cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de una operación o de una inspección.

□ *Inspección.*—Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación, o se verifica en cuanto a calidad o cantidad.

(1) F. B. y L. M. GILBRETH: "Process Charts", *Transactions of the A.S.M.E.,* vol. XLIII, documento 1.818, págs. 1029-1050. Año 1921.

(2) *Operation and Flow Process Charts,* publicado por la American Society of Mechanical Engineers. Nueva York, 1947.

(3) BEN S. GRAHAM: "Paperwork Simplification", *Modern Management,* volumen VIII, núm. 2, págs. 22-25.

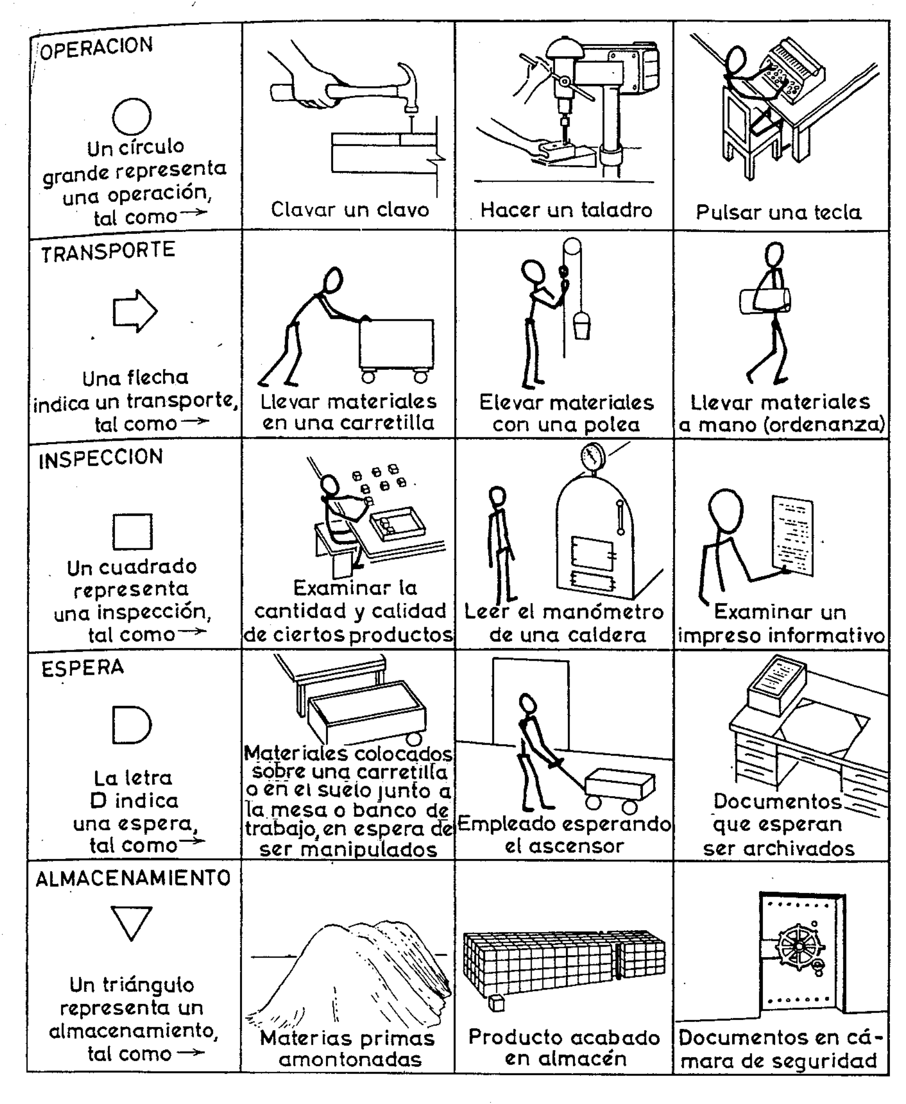


FIG. 22.—Estos símbolos ahorran mucho tiempo en la anotación de las distintas fases que comprende un trabajo.

D *Espera.*—Tiene lugar una espera cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente prevista.

▽ *Almacenamiento.*—Tiene lugar un almacenamiento cuando se guarda un objeto de forma que no se pueda retirar sin la correspondiente autorización.

Símbolos combinados.—Pueden combinarse dos símbolos cuando se ejecutan las actividades correspondientes en el mismo lugar de trabajo o cuando se llevan a cabo a la vez, formando parte de una actividad.

Método primitivo

Distancias en m.	Símbolos	Descripción	Explicación*
			John Smith, que está sentado bajo el porche, decide regar el jardín
25,5	⇨	Se dirige hacia la puerta del garage	Sale del porche y camina 25,5 m. hasta llegar a la puerta del garage. Esto es un transporte, por trasladarse de un lugar a otro
	(1)	Abre la puerta	El abrir la puerta del garage es una operación
3	⇨	Ya en el garage se dirige hacia la caja de herramientas	Anda 3 m. hasta llegar a la caja de herramientas
	(2)	Saca la manguera de la caja	Esta es una operación
4,5	⇨	Se dirige a la puerta posterior del garage	Transporta la mangera hasta la puerta posterior del garage
	(3)	Abre la puerta	Esta es una operación
3	⇨	Se dirige a la boca de riego	Este es un transporte
	(4)	Enrosca la manguera a la boca y abre la llave de paso	Esta es otra operación
	(5)	Riega el jardín	Da comienzo la operación principal de regar el jardín

Sumario del trabajo realizado

Número de operaciones	○	5
Número de transportes	⇨	4
Distancia total recorrida en m.		36

*Esta explicación se ha incluído para hacer comprender mejor al lector el uso de los símbolos al preparar el cuadro; por tanto, no forma realmente parte del mismo

FIG. 23.—Diagrama del proceso de riego de un jardín.

Por ejemplo, el círculo grande dentro del cuadrado ◻ representa una combinación de operación e inspección.

Fases del riego de un jardín.—A fin de aclarar el uso de estos símbolos, se muestra en la figura 23 un diagrama del proceso seguido por

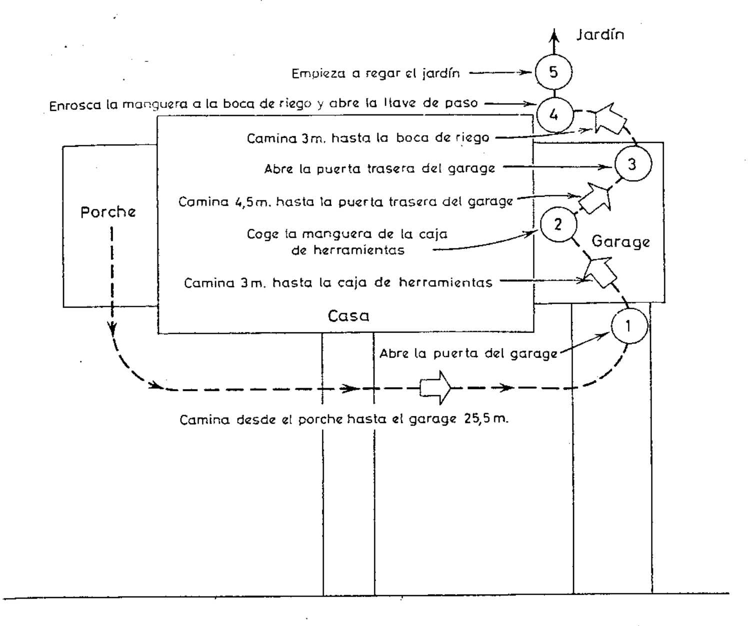


FIG. 24.—Diagrama de recorrido del riego de un jardín.

el señor Smith para regar su jardín. El señor Smith, sentado en su porche, decide regar el jardín. Sale del porche, se dirige al garaje, situado al otro lado de la casa; abre la puerta del garaje y camina hacia la caja de herramientas. Allí coge la manguera y la lleva a la puerta trasera del garaje; abre la puerta y continúa transportando la manguera hasta la boca de riego, situada en la parte posterior del garaje. Enchufa la manguera, abre la llave de paso del agua y comienza a regar el jardín. Un examen del diagrama del proceso en la parte izquierda de la figura 23 mostrará que todo lo que se necesita para describir la totalidad del proceso son nueve símbolos, cinco números y nueve frases.

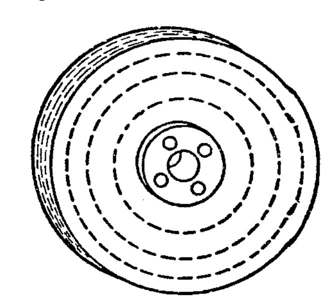


FIG. 25.—Muela de esmeril.

Diagrama de recorrido en el riego de un jardín.—A veces se obtiene una visión mejor del proceso dibujando las líneas de recorrido en un esquema del edificio o zona en que tiene lugar la actividad. En la figura 24 se muestra un esquema que indica la situación de la casa, del garaje y del jardín. En este plano se dibujan líneas que representan el camino recorrido y se insertan los símbolos del diagrama del proceso para indicar lo que

se está haciendo, incluyendo breves anotaciones que amplían su significado. A esto se le llama diagrama de recorrido. En ocasiones, ambos diagramas, el de proceso y el de recorrido, son necesarios para ver con

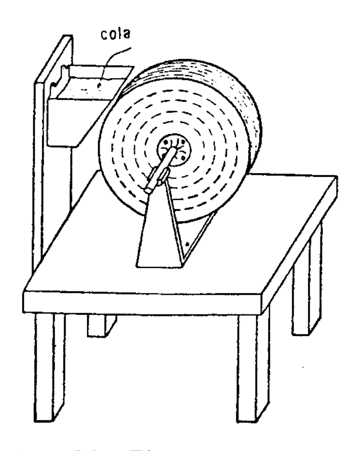


FIG. 26.—El operario aplica una cola especial sobre la superficie exterior de la muela ya desgastada, valiéndose de un cepillo.

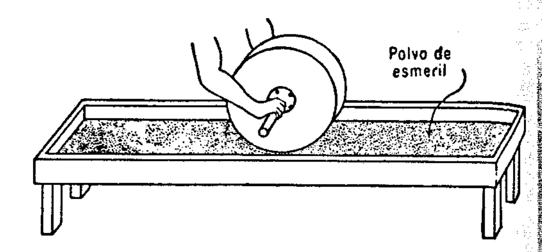


FIG. 27.—Antiguo método para reparar las muelas de esmeril. El obrero hace girar hacia atrás y hacia adelante la muela recubierta de cola sobre un pequeño depósito con polvo de esmeril.

claridad las fases seguidas en un proceso de fabricación, trabajo de oficina u otra actividad.

Reparación de ruedas de esmeril.—En las grandes fábricas, donde los trabajos de esmerilado y pulido son muy importantes, se acostumbra reparar en ellas mismas las muelas desgastadas por el uso, recubriéndolas de esmeril, de manera que en todo momento exista un buen número de ellas de repuesto (véase Fig. 25). Las ruedas de esmeril se componen de capas superpuestas y su peso medio es de unos 18 kilogramos. Su diámetro varía entre 45 y 61 cm y su anchura de cara entre 7,6 y 12,7 cm. El desarrollo del cilindro va cubierto de cola y polvo de esmeril. Después de aplicar la primera capa de cola se la deja secar durante una media hora antes de aplicar la segunda mano. La temperatura ambiente de la habitación donde se reparan las ruedas debe estar comprendida entre 26 y 32° C, manteniendo el grado de humedad bajo control.

Método antiguo.—El método original consistía en darle una capa de cola a la rueda gastada (véase Fig. 26) y luego hacerla girar a mano sobre un pequeño depósito de poco fondo, lleno de polvo de esmeril, hasta recubrirla (véase Fig. 27). Una vez seca la cola, se aplicaba una segunda mano de cola y polvo de esmeril, siguiendo el mismo procedimiento. A continuación se llevaban las ruedas a una estufa, donde se colgaban convenientemente hasta que la cola se secaba por completo.

La figura 28 muestra el diagrama de recorrido y la figura 29 el de proceso.

Se podrían formular las siguientes preguntas en relación con este trabajo: *¿Por qué* recubrir a mano las ruedas? *¿Por qué* tanta manipulación? ¿Se podrían recubrir las ruedas en la primera planta en lugar de en la segunda? Estas preguntas quedan contestadas a continuación.

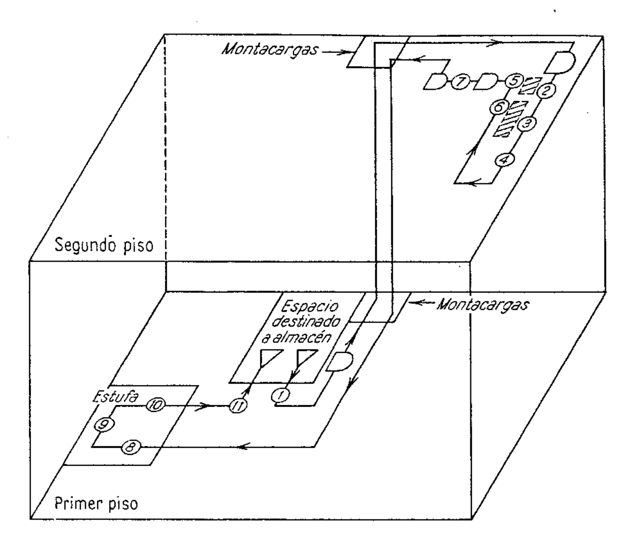


FIG. 28.—Diagrama de recorrido para la reparación de muelas de esmeril por el procedimiento antiguo.

Método perfeccionado.—Se construyó una máquina recubridora especial (véase Fig. 30) que hizo posible la aplicación de la cola y el esmeril en una sola operación, con tiempo y esfuerzo mucho menores que los necesarios por el método antiguo. Como esta máquina se situó en la planta primera, entre la zona de almacén y el horno de secado (véase Fig. 31), se hizo innecesario el transporte de las ruedas a la planta segunda. En lugar de las carretillas de plataforma corriente, utilizadas en el procedimiento anterior, se adoptaron unas provistas de brazos (véase Fig. 33), en las cuales permanecían las ruedas recubiertas durante su estancia en la estufa, eliminándose de esta manera mucha manipulación innecesaria. En la figura 32 se muestra el diagrama del proceso para el método perfeccionado, junto con un resumen de las mejoras obtenidas.

Resultados.—La nueva máquina recubridora, las carretillas con soportes especiales para la manipulación de las ruedas y la mejor situa-

Distancias en m.	Símbolos	Descripción
	▽	Las muelas usadas esperan para ser reparadas
	1	Se cargan en una carretilla
C 12	⇨	Se trasladan al montacargas
	D	Esperan el montacargas
M 6	⇨	Se suben al segundo piso en el montacargas
C 10'5	⇨	Se llevan al banco o mesa de trabajo para su reparación
	D	Esperan ser reparadas, en el banco de trabajo
	2	Se les da una capa de cola
	3	Se recubren con la primera capa de esmeril
	4	Se dejan secar sobre el suelo
	5	Se les da una segunda capa de cola
	6	Se recubren con la segunda capa de esmeril
	D	Esperan depositadas en el suelo, junto al banco de trabajo
	7	Se cargan en la carretilla
C 4'5	⇨	Se llevan al montacargas
	D	Esperan el montacargas
M 6	⇨	Se bajan al primer piso en el montacargas
C 22'5	⇨	Se transportan hasta la estufa
	8	Se descargan y colocan dentro de la estufa
	9	Se secan en la estufa
	10	Se cargan sobre la carretilla
C 10'5	⇨	Se llevan al almacén
	11 ◻	Se descargan sobre el suelo
	▽	Quedan almacenadas

Resumen

Número de operaciones ○	11
Número de esperas D	4
Número de almacenamientos ▽	2
Número de inspecciones ◻	1
Número de transportes ⇨	7
Distancia total en m.	72

Fig. 29.—Diagrama del proceso de reparación de muelas de esmeril por el método antiguo.

ción de la máquina redujo el número de *operaciones* necesarias para recubrir las ruedas de 11 a 4; el número de *esperas*, de 4 a 1, y la *longitud del recorrido*, de 72 a 21 m. Un equipo de cuatro hombres, aplicando dos capas de esmeril por el método antiguo, alcanzaba una

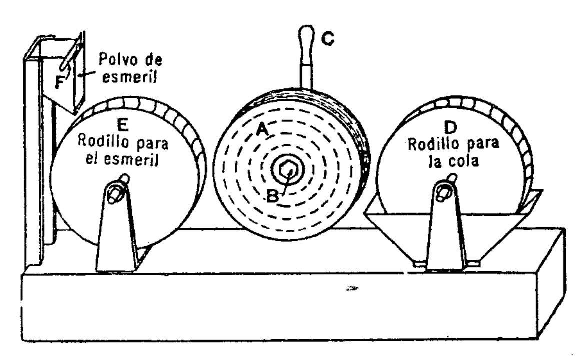


Fig. 30.—Dibujo esquemático de la máquina construida para la reparación de muelas de esmeril. La muela *A* se coloca sobre el eje *B*, solidario de la palanca *C*. Moviendo ésta hacia la derecha, la muela queda en contacto con el rodillo *D*, que la impregna de cola. Girándola después hacia la izquierda, queda en contacto con el rodillo *E*, que la recubre de una capa de esmeril en polvo, pudiendo regularse la cantidad de éste, que llega al rodillo por mediación de la palanca *F*. Ambos rodillos *D* y *E* van accionados por motor.

producción media horaria de 20 ruedas. En la actualidad, una pareja de operarios, aplicando dos capas de esmeril, logra una producción horaria de 45 ruedas. Además, el método moderno parece haber mejorado la calidad de las ruedas terminadas, ya que los obreros que las utilizan para rectificar y pulir cuchillas de arados han incrementado su producción en un 25 por 100, aproximadamente. Parece que las ruedas actúan más de prisa y hacen más sencilla la labor de los operarios (4).

Diagrama de recorrido para el suministro de pienso en una granja pequeña.—En número creciente, los granjeros encuentran interesante la aplicación de los principios del estudio de movimientos y tiempos a su trabajo. Se están obteniendo notables economías tanto en granjas atendidas por un solo hombre como en las mayores; p. ej., en una pequeña granja de Vermont, que poseía 22 vacas, se hizo un estudio sistemático de todas las tareas y se proyectaron cambios para facilitarlas y ahorrar tiempo. Estos cambios eran de cuatro tipos:

1) Nueva distribución de los establos.
2) Mejora de los trabajos corrientes.

(4) Ejemplo debido a James D. Shevlin.

3) Empleo de los instrumentos adecuados y convenientes.
4) Colocación apropiada de herramientas y suministros.

El resultado fue que se redujo diariamente el tiempo ocupado, de 5 horas 44 minutos a 3 horas 39 minutos, lo que representa un ahorro

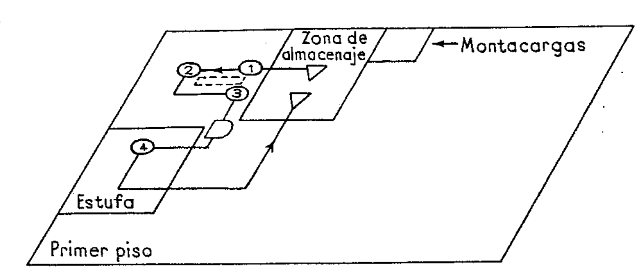


FIG. 31.—Diagrama de recorrido para la reparación de muelas de esmeril, según el método perfeccionado.

de 2 horas y 5 minutos. El recorrido se redujo de 5,2 Km a 2 Km diarios, ahorrando, por consiguiente, 3,2 Km. Dos horas diarias equivalen al año a más de 90 jornadas de ocho horas; 3,2 Km equivalen a 1.168 Km al año.

Las líneas en la figura 34 muestran el recorrido necesario para llevar el pienso a las vacas cuando esto se hacía con una espuerta. La figura 35 muestra el recorrido después de poner en servicio un carrito de dos ruedas para el transporte del pienso. El tiempo total de coger el pienso y alimentar 22 vacas se redujo de 26,4 minutos a 14,8 minutos y el recorrido disminuyó de 621 m a 59,7 m (5).

Aplicación del diagrama de proceso a trabajos administrativos.—En una oficina, el diagrama de proceso puede indicar el recorrido de una hoja de tiempos, de un vale de materiales, de una orden de compra u otro documento cualquiera, a través de sus diversas fases (veánse figuras 36-39). El diagrama puede iniciarse con la primera anotación en el documento y recoger todas sus fases hasta que se archiva o se destruye.

Diagrama del proceso de montaje.—Un tipo especial de diagrama del proceso, a veces llamado diagrama del proceso de montaje, resulta muy útil empleado en el estudio de casos como los siguientes: cuando se fabrican por separado diversas piezas que luego se acoplan y continúan unidas el proceso; cuando se divide el producto en varias partes,

(5) R. M. CARTER: "Labor Saving through Job Analysis", *Boletín* 503, página 36. Universidad de Vermont e Instituto Agrícola Estatal.

Distancias en m.	Símbolos	Descripción
	▽	Las muelas esperan sobre la carretilla especial de brazos, clasificadas según la calidad del grano
3	C ⇨	Se llevan a la máquina
	①	Se impregnan de cola y recubren con la primera capa de esmeril
	②	Continuan en los soportes de la carretilla mientras se secan
	③	Se impregnan de cola y recubren con la segunda capa de esmeril
	D	Esperan sobre la carretilla junto a la máquina
7'5	C ⇨	Se llevan hasta la estufa
	④	Se secan en la estufa
10'5	C ⇨	Se llevan al almacén sobre la carretilla de brazos
	▽	Se almacenan sin retirarlas de los brazos o soportes de la carretilla

Resumen

	Método antiguo		Método perfeccionado		Diferencias	
Número de operaciones ○	11		4		7	
Número de esperas D	4		1		3	
Número de almacenamientos ▽	2		2		0	
Número de inspecciones □	1		1		0	
Transportes	N.º	Dist.	N.º	Dist.	N.º	Dist.
Por carretilla de mano C	5	60	3	21	2	39
Por montacargas M	2	12	0	0	2	12
Total	7	72	3	21	4	51

FIG. 32.—Diagrama del proceso de reparación de muelas de esmeril por el método perfeccionado.

que luego son transformadas separadamente, como es el caso del aprovechamiento integral de animales, y cuando resulta necesario mostrar una división en el recorrido del trabajo, tal como la distribución de diferentes copias de un impreso de oficina.

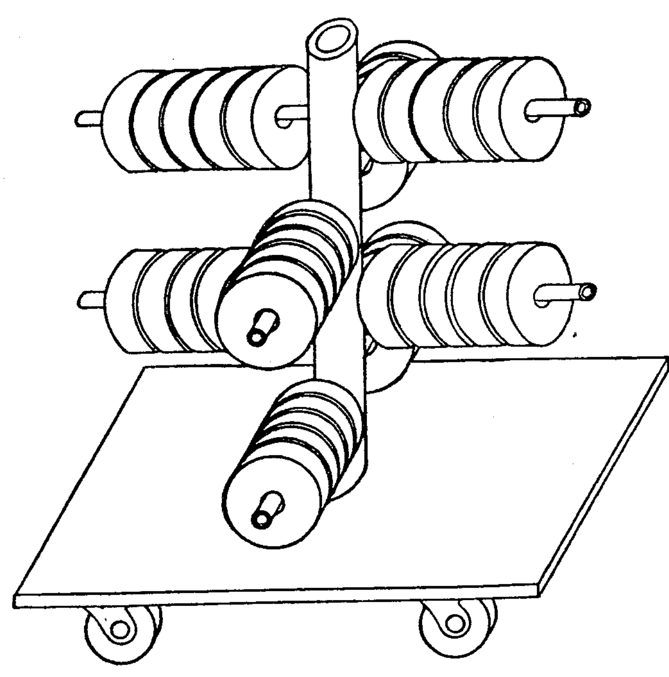


Fig. 33.—Carretilla especial para el transporte y manipulación de las muelas. Los soportes de que va provista se emplean tanto para los almacenamientos intermedios como durante el secado en la estufa.

La figura 40 muestra un proceso muy largo y complicado: la cocción de galletas saladas. La figura 41 representa el diagrama del proceso para la fabricación, pintura, llenado y cierre de una caja metálica rectangular para la exportación de instrumentos. Parte de este proceso se describe en las páginas 462 a 467.

La materia prima entra en almacén y, luego de pasar por las diversas operaciones de formación de la caja, se pintan con pulverizador las dos partes de la misma, se introduce dentro el producto, se cierra la caja soldándola y se completa la pintura.

Un estudio del diagrama del proceso muestra varios transportes largos que deben eliminarse y de una observación general de las operaciones de pintado se ve también que existe la posibilidad de conse-

guir algunas mejoras. La tapa de la caja se pinta por la parte exterior, con la excepción de una tira en el borde, que se soldará a la parte inferior. De igual forma, esta recibe la pintura por el exterior, con la

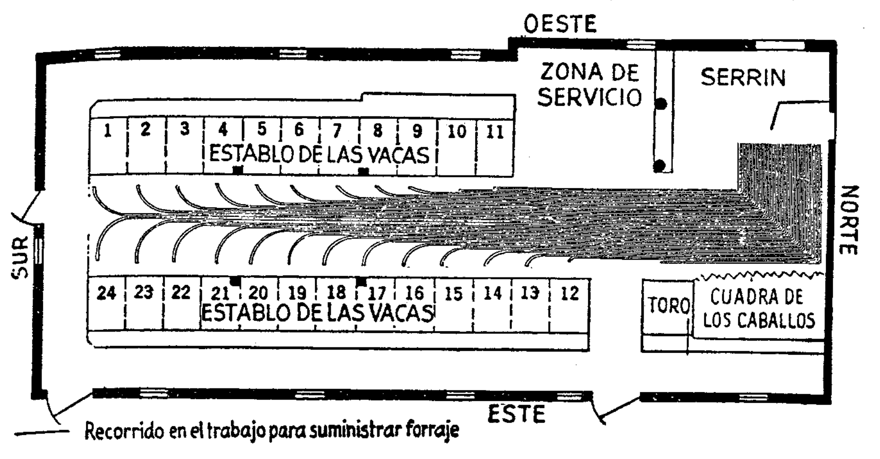


Fig. 34.—Diagrama de recorrido para alimentar a las vacas en una granja pequeña. Método antiguo. Distancia recorrida, 621 m.

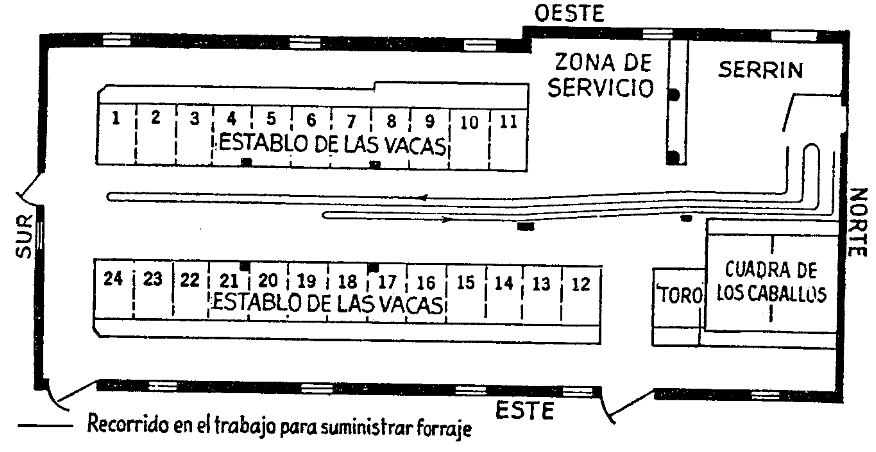


Fig. 35.—Diagrama de recorrido en el suministro de forraje a las vacas en una granja pequeña. Método perfeccionado. Distancia recorrida, 59,9 m.

excepción de una tira en el borde, para soldarla a la tapa. Después de estas operaciones de pintura, las dos partes se montan y transportan al almacén (750 m) y, luego, al departamento de empaquetado (171 m), donde se llenan.

Las cajas, una vez llenas, se transportan 900 m para cerrarlas soldándolas y, finalmente, a otro edificio, en donde se pintan las partes del exterior que estaban aún sin pintar.

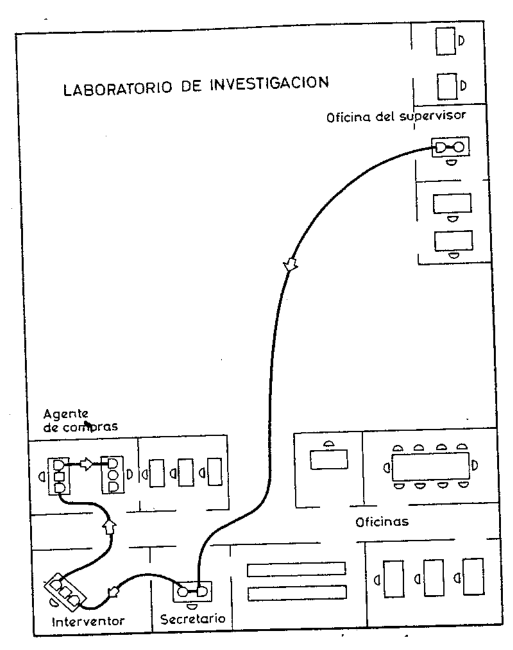


FIG. 36.—Diagrama de recorrido de un documento administrativo. Método actual. El supervisor redacta la propuesta de pedido que es escrita a máquina por el secretario, aprobada por el interventor y por el agente de compras; finalmente, se mecanografía el pedido definitivo.

Como consecuencia del estudio cuidadoso de la totalidad del proceso, se eliminaron completamente las tres operaciones de pintado, sustituyéndolas por una operación de inmersión. También resultó innecesaria la limpieza de las cajas antes de introducirlas en el barniz, operación requerida en el pintado por pulverización.

En la parte inferior derecha de la figura 41 se muestra el diagrama del proceso del método perfeccionado. El cuadro resumen da a conocer las economías realizadas por dicho método.

Lo primero que debe hacerse es una investigación general, ya que pueden eliminarse de esta forma operaciones completas o series de operaciones. Hubiera resultado una pérdida de tiempo efectuar un estudio minucioso de las operaciones de limpieza y pintura del ejemplo anterior con el fin de mejorarlas, pues se hubiera encontrado al final que podían eliminarse todas ellas.

DIAGRAMA DEL PROCESO

Método actual ☒
Método propuesto ☐

SUJETO DEL DIAGRAMA Pedido de pequeñas herramientas. El diagrama empieza en la mesa del supervisor y termina en la mesa de la mecanógrafa en el departamento de compras.
DEPARTAMENTO Laboratorio de investigación.

FECHA 10-12-47
HECHO POR J. C. H.
DIAGRAMA Nº R 136
HOJA Nº 1 DE 1

DISTANCIA EN METROS	TIEMPO EN MINUTOS	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCION DEL PROCESO
		● ⇨ □ D ▽	Propuesta de pedido escrita por el supervisor (una copia)
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del supervisor (esperando al ordenanza)
19,5		○ ⇨ □ D ▽	Por el ordenanza al secretario del interventor
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del secretario (en espera de ser mecanografiada)
		● ⇨ □ D ▽	Mecanografiado de la propuesta de pedido (copia de la propuesta original)
4,5		○ ⇨ □ D ▽	Por el secretario al interventor
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del interventor (esperando la aprobación)
		○ ⇨ ■ D ▽	Examen y aprobación del interventor
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del interventor (esperando al ordenanza)
6		○ ⇨ □ D ▽	Al departamento de compras
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del agente de compras (esperando su aprobación)
		○ ⇨ ■ D ▽	Examen y aprobación
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del agente de compras (esperando al ordenanza)
1,5		○ ⇨ □ D ▽	A la mesa de la mecanógrafa
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa de la mecanógrafa (esperando el mecanografiado del pedido)
		● ⇨ □ D ▽	Mecanografiado del pedido
		○ ⇨ □ D ▽	En la mesa de la mecanógrafa (esperando su envío a la oficina central)
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
		○ ⇨ □ D ▽	
31,5		3 4 2 8	Total

FIG. 37.—Diagrama del proceso de un documento administrativo. Método actual.

Cualesquiera que sean las complicaciones que presente un proceso de fabricación, siempre será posible construir un diagrama como el del ejemplo anterior y utilizarlo para los mismos fines. A veces conviene insertar fotografías del lugar de trabajo o de una serie de movimientos fundamentales del diagrama del proceso, colocándolas en el lugar que

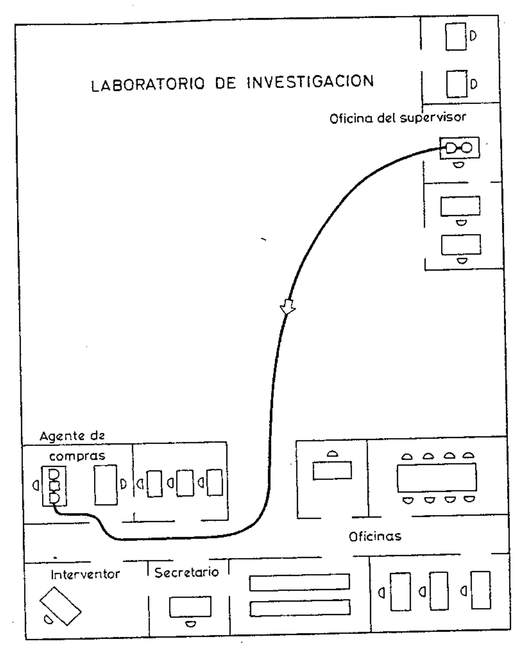


FIG. 38.—Diagrama de recorrido de un documento administrativo. Método propuesto. El supervisor escribe por triplicado el pedido que es aprobado por el agente de compras.

les corresponde en el diagrama. Otras, junto a cada operación representada en el diagrama del proceso, se colocan los tiempos correspondientes.

El diagrama del proceso como ayuda para la distribución de elementos de la instalación.—El diagrama del proceso ayuda a colocar el nuevo equipo, o bien a redistribuir convenientemente el existente. En el caso que se reseña a continuación se puede apreciar el uso que B. C. Koch hizo del diagrama del proceso, con dicho fin, cuando trabajaba como inspector de normas en la International Business Machines Corporation. El ejemplo se refiere a la fabricación de armaduras de imán para una tabuladora (véase Fig. 44).

Método actual ☐
Método propuesto ☒

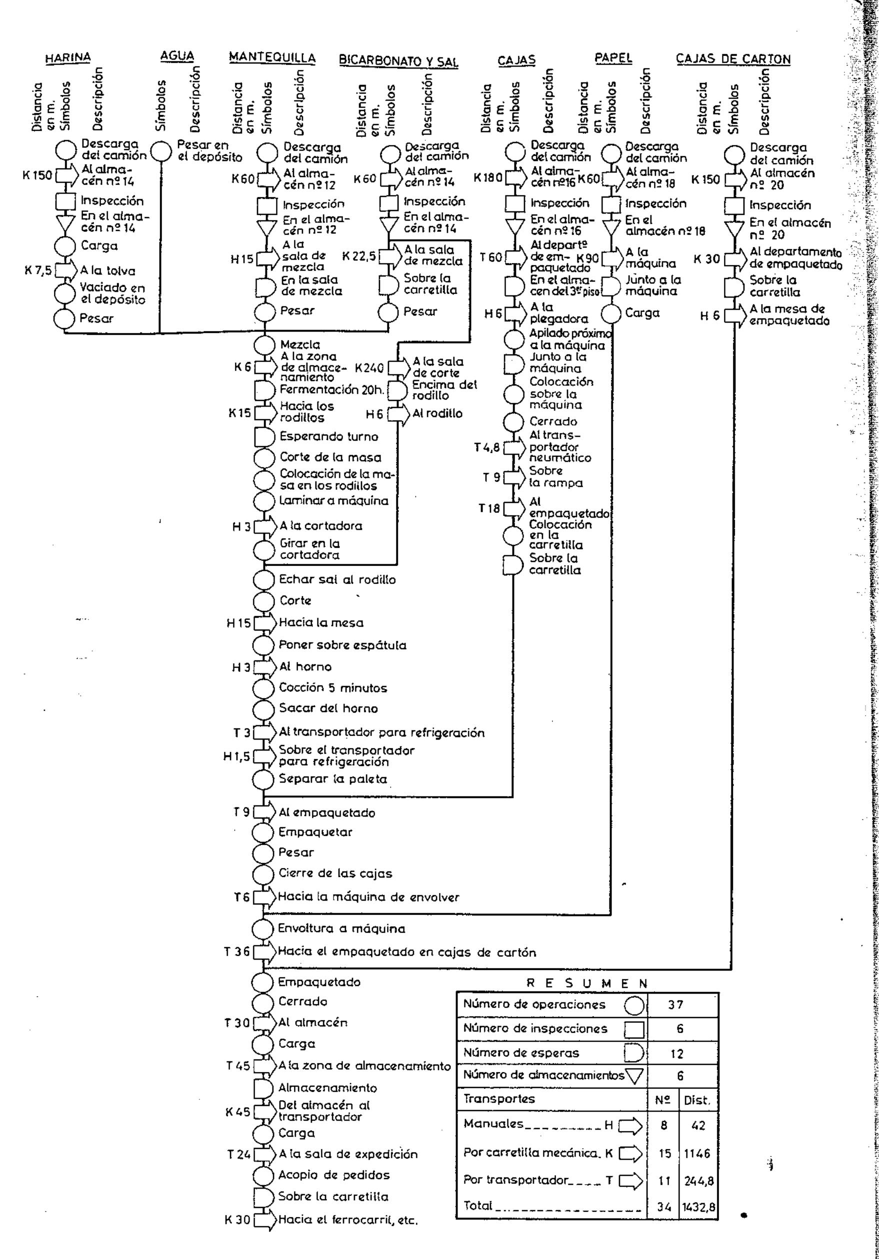
DIAGRAMA DEL PROCESO

SUJETO DEL DIAGRAMA Pedido de pequeñas herramientas. FECHA 12-12-47
El diagrama empieza en la mesa del supervisor y termina en la mesa del agente de compras. HECHO POR J. C. H.
DIAGRAMA Nº R 149
DEPARTAMENTO Laboratorio de investigación. HOJA Nº 1 DE 1

DISTANCIA EN METROS	TIEMPO EN MINUTOS	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCION DEL PROCESO
		● ⇨ □ D ▽	Propuesta de pedido escrita por triplicado por el supervisor
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del supervisor (esperando al ordenanza)
22,5		○ ⇨ □ D ▽	Por ordenanza al agente de compras
		○ ⇨ □ D ▽	En la mesa del agente de compras (esperando la aprobación)
		○ ⇨ ■ D ▽	Examen y aprobación por el agente de compras
		○ ⇨ □ D ▽	Sobre la mesa del agente de compras (esperando su envío a la oficina central)
22,5		1 1 1 3	Total

RESUMEN	METODO ACTUAL	METODO PROPUESTO	DIFERENCIA
Operaciones ○	3	1	2
Transportes ⇨	4	1	3
Esperas D	8	3	5
Inspecciones □	2	1	1
Distancia recorrida en metros	31,5	22,5	9

FIG. 39.—Diagrama del proceso de un documento administrativo. Método propuesto.



RESUMEN

Número de operaciones ○	37	
Número de inspecciones □	6	
Número de esperas D	12	
Número de almacenamientos ▽	6	
Transportes	Nº	Dist.
Manuales _________ H ⇨	8	42
Por carretilla mecánica. K ⇨	15	1146
Por transportador____ T ⇨	11	244,8
Total _______________	34	1432,8

Fig. 40.—Diagrama del proceso de montaje. Cocción de galletas saladas.

Pl

Recorrido en metros

C 180

C 105

F

A la vista de las figuras 42 y 43 se observa que, de acuerdo con el método antiguo, era necesario realizar 31 operaciones en el curso de la manufactura, durante la cual la pieza recorría una distancia de 1.713 metros. Los diagramas de las figuras 42 y 46 no muestran símbolos de almacenaje temporal, porque se sobrentiende que todas las operaciones de esta fabricación incluyen un almacenaje de este tipo, precediéndolas y siguiéndolas.

El estudio de este diagrama del proceso y de las líneas de recorrido representadas en el esquema de la figura 43 condujeron a una nueva distribución del equipo. Del departamento de "trabajos de banco" al de "taladros" se envió un banco pequeño con un rectificador de disco y varios soportes de limas, lo que produjo una mejora en diversas operaciones. En las figuras 45 y 46 se muestran las operaciones (números 8 a 16) afectadas por el cambio.

De la mejor distribución del equipo resultó que:

1) Se ejecutaron todas las operaciones de taladrado en una taladradora.

2) Se combinaron dos operaciones de inspección.

3) Se combinaron dos operaciones de enderezado y dos de desbarbado.

4) Se eliminaron cuatro transportes.

5) Se redujo la distancia total recorrida desde 1.713 m a 1.125 m, lo que supone una reducción del 34 por 100.

Recorrido en metros	Símbolo	Descripción
	(1)	Escoger material en almacén
K 18	⇨	Al departamento de punzonado
	(2)	Punzonar
C 57	⇨	Al departamento de tratamiento térmico
	(3)	Empaquetar
	(4)	Templar
	(5)	Desempaquetar
C 57	⇨	Al departamento de punzonado
	(6)	Enderezar
	(7)	Estampar
K 54	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia arriba, un piso
K 111	⇨	Al departamento de enderezado
	(8)	Enderezar para fresar
	(9)	Enderezar los soportes extremos
K 87	⇨	Al departamento de fresado
	(10)	Fresar
K 87	⇨	Al departamento de desbarbado
	(11)	Desbarbar
K 111	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia abajo, un piso
K 54	⇨	Al departamento de punzonado
	(12)	Formar el gancho
K 54	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia arriba, un piso
K 111	⇨	Al departamento de enderezado
	(13)	Enderezar barra
	(14)	Enderezar para fresar
K 129	⇨	Al departamento de grandes taladros
	(15)	Taladrar y fresar
C 24	⇨	Al departamento de pequeños taladros
	(16)	Avellanar y escariar
K 90	⇨	Al departamento de inspección
	[17]	Inspección
K 51	⇨	Al departamento de desbarbado
	(18)	Desbarbar
K 87	⇨	Al departamento de fresado
	(19)	Fresar gancho
K 87	⇨	Al departamento de enderezado
	(20)	Rectificar y desbarbar el gancho
	(21)	Enderezar para calibrar
	(22)	Limar gancho para el calibre 1
	(23)	Limar gancho para el calibre 2
	(24)	Desbarbar el gancho
K 51	⇨	Al departamento de inspección
	[25]	Inspección
K 63	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia abajo, un piso
K 42	⇨	Al departamento de tratamiento térmico
	(26)	Empaquetar
	(27)	Cementar
	(28)	Desempaquetar
	(29)	Endurecer la punta
K 42	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia arriba, un piso
K 111	⇨	Al departamento de enderezado
	(30)	Raspado
K 51	⇨	Al departamento de inspección
	[31]	Inspección
K 33	⇨	Al montacargas
M	⇨	Hacia abajo, un piso
K 51	⇨	Al almacén
	▽32	Almacenaje

Fig. 42.—Diagrama del proceso en el método antiguo de fabricación de una armadura de imán.

6) El tiempo total de manufactura se redujo de 16 a 11,5 horas por centenar de piezas, reducción que representa el 28 por 100 (véase también la tabla V).

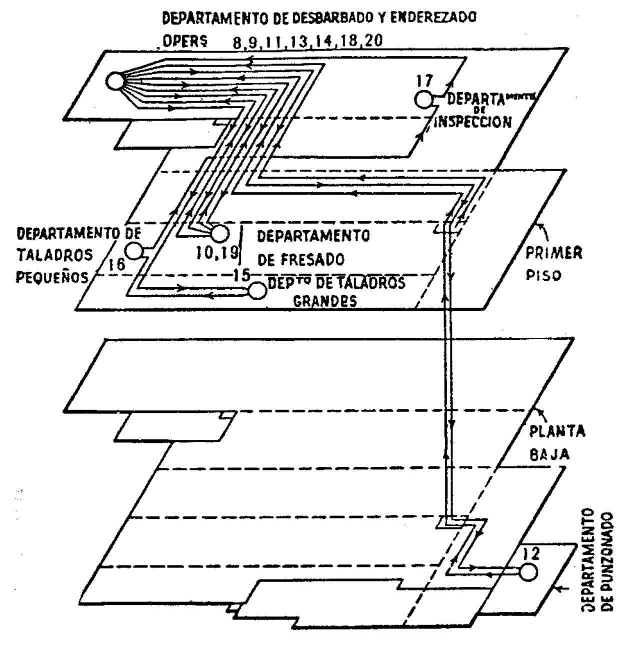


FIG. 43.—Distribución en planta de la fabricación de armadura de imán. Método antiguo.

Aprovechamiento del espacio en un almacén.—Una fábrica se propuso ampliar un almacén, a fin de aumentar la capacidad de almacenamiento. Las cajas del producto se apilaban hasta una altura de tres de ellas, con pasillos dispuestos según se ve en la figura 47-A. Después de estudiar detenidamente la cuestión, y mediante los cambios que se indican en B, C y D de la figura 47, el aprovechamiento del espacio del almacén aumentó de 46 cajas por metro cuadrado a 85, haciendo innecesaria la ampliación propuesta.

Diagrama del proceso de grupo.—El diagrama del proceso de grupo resulta útil para el estudio de un grupo de personas que trabajan conjuntamente (6). En esencia, es una composición de los diagramas de

(6) El diagrama del proceso de grupo fue ideado por John A. Aldridge, del cual son la descripción e ilustraciones presentadas aquí. Véase también *Gang Process Charts in Work Simplification*, de John V. Valenteen, *Factory Management and Maintenance*. Vol. CIV, páginas 125-27.

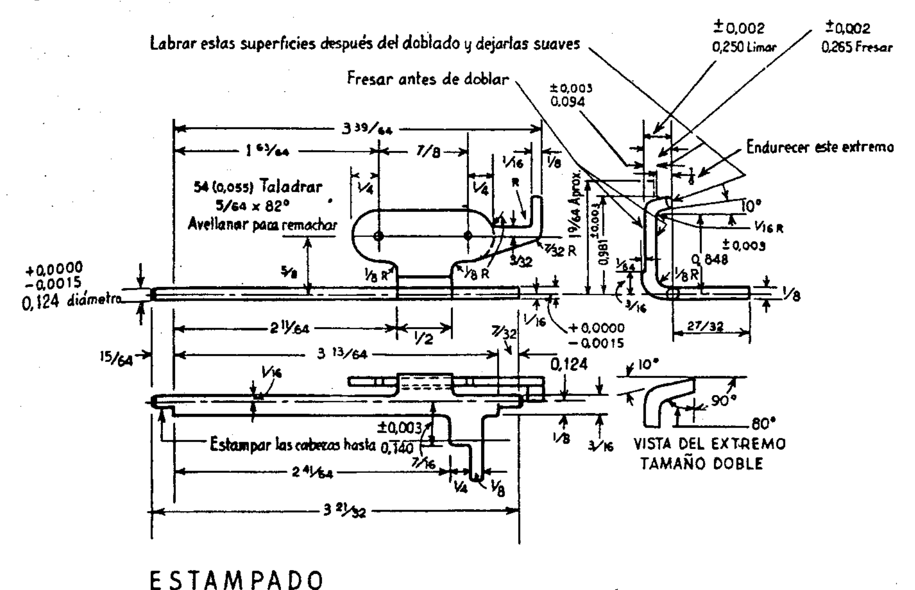


FIG. 44.—Armadura de imán para tabuladora I. B. M.

TABLA V.—AHORROS RESULTANTES DEL PERFECCIONAMIENTO DEL MÉTODO DE FABRICACIÓN DE ARMADURA DE IMÁN

Resumen	Método antiguo		Método perfeccionado		Diferencia	
Número total de operaciones ◯	31		28		3	
Transportes	N.º	Dist.	N.º	Dist.	N.º	Dist.
Por carretilla eléctrica K ⇨	22	1575	19	1011	3	564
Por carretilla de mano C ⇨	3	138	2	114	1	24
Por montacargas M ⇨	6	33	6	33	0	0
TOTALES	31	1746	27	1158	4	588

proceso individuales dispuestos en forma que permita un análisis minucioso. En la misma línea se indican las operaciones ejecutadas simultáneamente por los miembros del grupo. El fin perseguido por el diagrama es analizar las actividades del grupo para luego componerle de forma que se reduzcan a un mínimo los tiempos de espera y los retrasos.

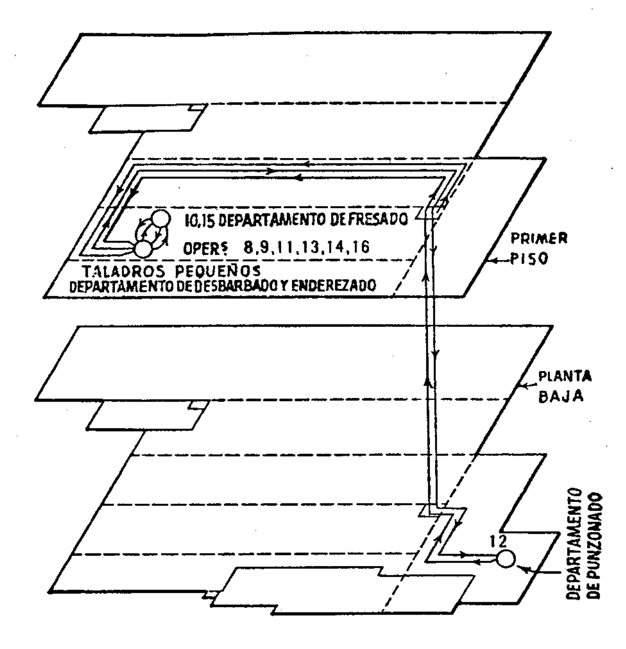


FIG. 45.—Distribución en planta de la fabricación de armaduras de imán. Método perfeccionado.

CONSTRUCCIÓN:

1) Se utilizan los mismos símbolos que en los diagramas de proceso estudiados anteriormente.
2) Un diagrama de proceso cubre el ciclo o recorrido seguido por cada miembro del grupo. Los diagramas hermanos (*) se presentan uno al lado del otro, cuidando que las actividades simultáneas queden representadas en la misma horizontal. La figura 48 muestra el impreso utilizado en los diagramas de grupo; los puntos que se aprecian en él ayudan a construir el diagrama sirviendo de centro a los símbolos.
3) A fin de colocar juntos los símbolos de los diagramas hermanos, se numeran las actividades en lugar de hacer una descripción de las mismas al lado de cada símbolo. Los números se colocan en el centro de los símbolos y la descripción se anota en el espacio reservado a la derecha, con lo que, además, se eliminan repeticiones de esta.

(*) Por diagramas hermanos entenderemos los de cada uno de los componentes de la cuadrilla. *(N. del T.)*

4) Se ha de poner sumo cuidado en registrar las actividades simultáneas, en una misma línea. Puede ocurrir que la operación ejecutada por un miembro del grupo prosiga mientras otro realiza más de una operación. En este caso se repite el símbolo en cada fase de la operación que comprende una mayor cantidad de fases. Se observará en la figura 48 que las distancias de transportes se han dividido en intervalos de seis metros, debido a que el recorrido de esta distancia se ejecutó mientras otro obrero comenzó y terminó una fase. Estos intervalos son aproximados, pero suficientes para el análisis.

5) El diagrama debe cubrir un ciclo completo del miembro que ejecuta mayor número de fases. Otros miembros del grupo repiten, por lo general, sus ciclos durante la ejecución de aquel.

Recorrido en metros	Símbolo	Descripción
96	K	Al departamento de taladros
	(8)	Enderezar para fresar
	(9)	Enderezar los soportes extremos
18	K	Al departamento de fresado
	(10)	Fresar
18	K	Al departamento de taladros
	(11)	Desbarbar
96	K	Al montacargas
	M	Hacia abajo un piso
54	K	Al departamento de punzonado
	(12)	Formar el gancho
54	K	Al montacargas
	M	Hacia arriba un piso
96	K	Al departamento de taladros
	(13)	Enderezar soportes
	(14)	Taladrar y fresar, avellanar y desbarbar
18	K	Al departamento de fresado
	(15)	Fresar gancho
18	K	Al departamento de taladros
	(16)	Rectificar y desbarbar el gancho

FIG. 46.—Diagrama del proceso en el método perfeccionado para la fabricación de armaduras de imán.

6) Se pueden omitir en el diagrama aquellos elementos que no se presentan en todos los ciclos. Lo mismo se puede decir del trabajo preparatorio que se ejecuta antes de comenzar un ciclo, como la obtención de materiales para la totalidad del taller. Por otra parte, se han de incluir en el diagrama las fases que se presentan a intervalos periódicos dentro del ciclo, como en el caso del transporte de las bandejas vacías citado en la figura 49 como operación número seis. En caso de que la operación se presente cada dos o tres ciclos, se debe anotar un número de ciclos de trabajo suficiente para que quede incluida dicha operación.
7) El resumen presenta una forma diferente de la descrita en la primera parte de este capítulo. Aquí se anotan las fases por unidad antes y después del estudio. La relación se obtiene dividiendo el número total de fases expuestas en el diagrama por el número total de unidades manipuladas en los ciclos representados. En el diagrama de la figura 49, el número total de fases es 120 y el número total de unidades (cajas) manejadas es 24, puesto que se cargan seis carretillas en el ciclo, a razón de cuatro cajas por carretilla. Ciento veinte dividido por 24 es igual a cinco fases por unidad.
8) No se debe construir un diagrama con la observación de un solo ciclo, sino con la de varios, porque de un ciclo a otro puede variar la cantidad de tiempo de espera. El diagrama debe reflejar la condición media.

ANÁLISIS:

Al analizar un diagrama del proceso de grupo se han de seguir cuatro fases. Primero se formulan las seis preguntas *qué, por qué, quién, dónde, cuándo* y

Disposición primitiva.	Primer cambio propuesto.	Segundo cambio propuesto.	Tercer cambio propuesto.
CAJAS POR METRO CUADRADO			
46	58	64	85
A	B	C	D
Disposición primitiva en pilas de tres cajas de altura.	El pasillo lateral se emplea para almacenamiento.	El pasillo lateral y el espacio entre columnas se emplean para almacenamiento.	El pasillo lateral y el espacio entre columnas se emplean para almacenamiento. Pilas de cuatro cajas en lugar de tres.

FIG. 47.—Cuatro maneras distintas de apilar cajas de productos acabados en el almacén de una fábrica.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE GRUPO

OPERACION Descargar latas de conservas de un vagón de mercancías a una carretilla de mano — OPERACION Nº T 10
TEMA Operación de almacén — PIEZA Nº 45
FECHA
DEPARTAMENTO Expedición y recepción — SITUACION B14-A7 — ACTUAL ☒ PROPUESTO ☐
FABRICA 643 — REALIZADO POR J. H. S. — HOJA 1 DE 1

Descargador	Descargador	Conductor	Conductor	Conductor	Conductor	Conductor	Conductor	Apilador	Apilador
1	1a	3	9	9	9	6	4	8	8a
2	2	4	9	9	9	6	5	7	7a
1	1a	4	3	9	9	9	6	8	8a
2	2	5	4	9	9	9	6	7	7a
1	1a	6	4	3	9	9	9	8	8a
2	2	6	5	4	9	9	9	7	7a
1	1a	9	6	4	3	9	9	8	8a
2	2	9	6	5	4	9	9	7	7a
1	1a	9	9	6	4	3	9	8	8a
2	2	9	9	6	5	4	9	7	7a
1	1a	9	9	9	6	4	3	8	8a
2	2	9	9	9	6	5	4	7	7a

Nº DEL GRUPO 10

FASES

Nº	DESCRIPCION
1	Cargar 2 cajas en la carretilla
1a	Cargar 2 cajas en la carretilla
2	Adelantar 2 cajas en el vagón
3	Recibir la carga - 4 cajas
4	6 m cargado
5	Dejar la carga
6	6 m descargado
7 & 7a	Descargar carretilla
8 & 8a	Apilar en bandejas
9	Esperar trabajo

OBSERVACIONES

RESUMEN	
Total unidades	24
Fases por unidad	5

FIG. 48.—Diagrama del proceso de grupo en la descarga de latas de conservas de un vagón de mercancías. Método actual.

Disposición primitiva.	Primer cambio propuesto.	Segundo cambio propuesto.	Tercer cambio propuesto.

CAJAS POR METRO CUADRADO

46	58	64	85
A	B	C	D
Disposición primitiva en pilas de tres cajas de altura.	El pasillo lateral se emplea para almacenamiento.	El pasillo lateral y el espacio entre columnas se emplean para almacenamiento.	El pasillo lateral y el espacio entre columnas se emplean para almacenamiento. Pilas de cuatro cajas en lugar de tres.

FIG. 47.—Cuatro maneras distintas de apilar cajas de productos acabados en el almacén de una fábrica.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE GRUPO

OPERACION Descargar latas de conservas de un vagón de mercancías utilizando una carretilla montacargas — OPERACION Nº T 10

TEMA Operación de almacén — PIEZA Nº 45

FECHA

DEPARTAMENTO Expedición y recepción — SITUACION B 14-A 7 — ACTUAL ☐ PROPUESTO ☒

FABRICA 643 — REALIZADO POR J. H. S. — HOJA 1 DE 1

Nº DEL GRUPO 5

Descargador-vagón A	Descargador-vagón A	Carretilla montacargas	Descargador-vagón B	Descargador-vagón B
1	1	1a	1	1
5	5	2	5	5
1	1	3	1	1
5	5	4	5	5
1	1	1b	1	1
5	5	2	5	5
1	1	3	1	1
5	5	4	5	5
1	1	6	1	1
5	5	6	5	5

FASES

Nº	DESCRIPCION
1	Cargar 2 cajas en bandeja
1a	Coger bandeja cargada en vagón A(20 cajas)
2	12 m. cargado
3	Dejar carga
4	12 m. descargado
1b	Coger bandeja cargada en vagón B (20 cajas)
5	Mover cajas en el vagón
6	Transportar bandejas vacías

OBSERVACIONES

RESUMEN

	Actual	Propuesto	Reducción
Total unidades	24	40	
Fases por unidad	5	1,25	75 %

FIG. 49.—Diagrama del proceso de grupo en la descarga de latas de conservas de un vagón de mercancías. Método propuesto.

cómo en relación con la totalidad del proceso. A continuación se formulan las mismas preguntas respecto a cada operación e inspección. Tercero, se estudian los transportes y almacenamientos restantes. Estos tres pasos son los mismos que en el análisis de los diagramas de proceso individuales. La cuarta fase consiste

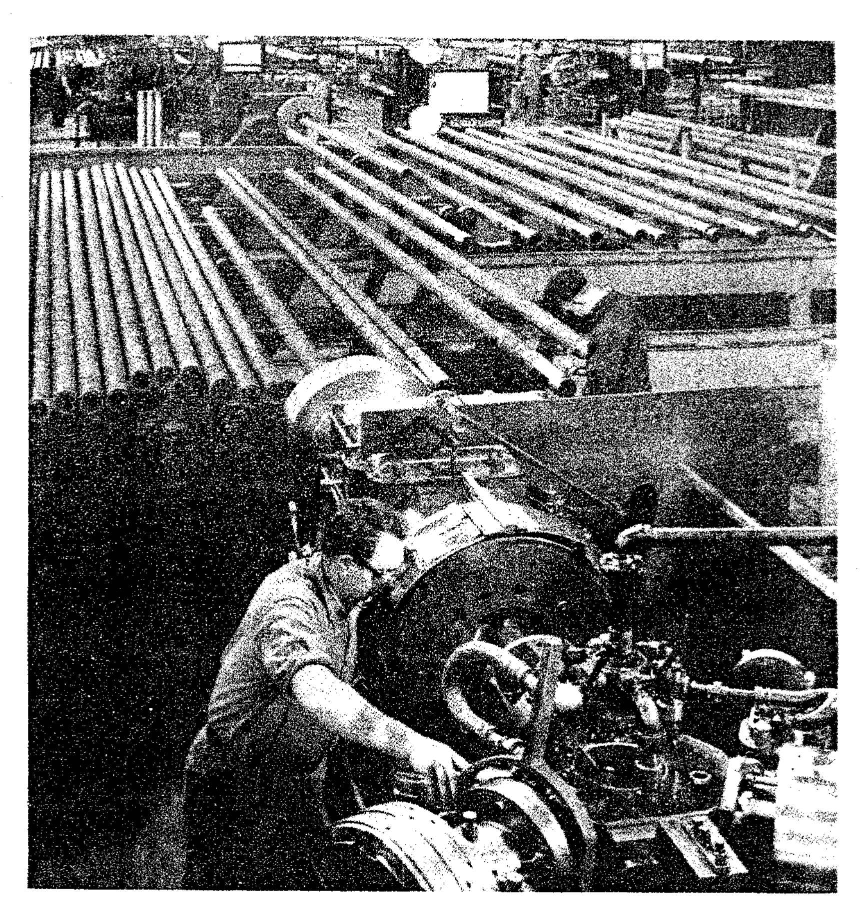


FIG. 50.—La situación de los tornos a ambos lados de la mesa permite el labrado de los extremos con un mínimo de manipulación.

en formular la pregunta *cómo* de una nueva forma, después de haber terminado las mejoras a que dieron lugar las preguntas de las fases 1, 2 y 3. La pregunta se formula como sigue: *¿Cómo debe estar compuesto el grupo para reducir el tiempo de espera a un mínimo?* Para ayudar al analista a equilibrar el grupo desde el punto de vista de esta cuarta fase, se sugiere:

1) Determinar la clase de operario que tiene la mayor cantidad de espera en el ciclo y el que tiene la menor.

2) Ajustar el grupo rebajando el número de operarios con actividad menor y el de aquellos con actividad mayor. Generalmente es preferible tender hacia un grupo menor que hacia uno mayor.

Un caso específico.—Se considera la descarga de un vagón de latas de conservas (véanse Figs. 48 y 49). Al contestar la pregunta *cómo*, se decidió que el trabajo podía realizarse mejor si se utilizaba una carretilla montacargas para el transporte de material y se cargaban las bandejas en el vagón. Se calculó que una carretilla montacargas podía servir dos vagones. El resultado fue un cambio radical en la totalidad del procedimiento y que el uso de la carretilla montacargas eliminó a todos los conductores de carretillas y apiladores.

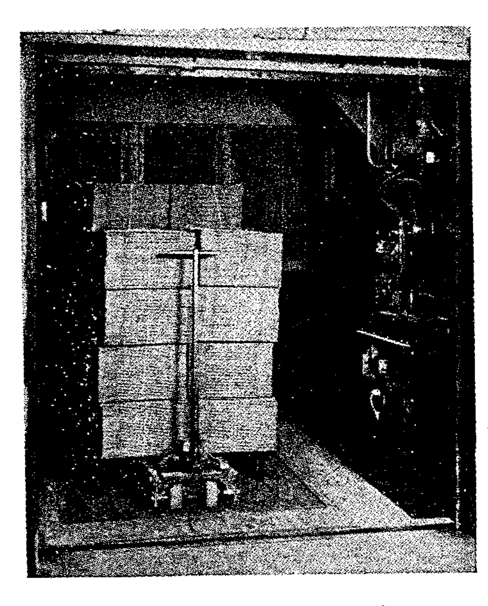


FIG. 51.—Un fabricante de cajas colocó unas básculas en el suelo de los montacargas para eliminar los movimientos innecesarios de las cajas de cartón preparadas para la expedición.

Disposición de tornos para el torneado de los extremos de tubos.—La figura 50 muestra una instalación de doce tornos revólveres pesados Gisholt dispuestos para el torneado de una superficie cónica concéntrica, con la rosca para formar juntas estancas en conducciones continuas. Cada pareja de tornos revólveres está colocada a uno y otro extremo de una mesa de rodillos. Los tornos ejecutan el labrado de las dos extremidades de los tubos, cuya longitud varía de 9 a 12 metros, con un mínimo de manipulación.

Nueva distribución de departamentos en un hotel.—El diagrama del proceso ha sido utilizado más profusamente en la fábrica para ayudar

a eliminar operaciones, mejorar la distribución del equipo y reducir la manipulación de los materiales. No obstante, y debido a la posibilidad que ofrece de obtener grandes ahorros, las oficinas, bancos, restaurantes y hoteles vienen utilizando también este procedimiento para estudiar muchos de sus procesos.

Debido al éxito que en su campo ha tenido el hotel Lowry, parece oportuno citar alguno de los resultados de sus trabajos. H. E. Stats, bajo cuya dirección se llevó a cabo el trabajo que se expone, afirma que, aunque el propósito original fue el estudio de la distribución de las plantas, con vistas a aprovechar más el espacio y mejorar la manipulación de materiales, el éxito obtenido fue tan grande que ampliaron su objetivo a fin de incluir una aplicación de dirección científica en pequeña escala sobre las materias siguientes:

1) Distribución en planta y manipulación de materiales.
2) Personal (incluyendo aprendizaje y aumento de la productividad individual y de grupo) (7).
3) Cometido de los servicios (incluyendo contabilidad de costes, análisis de impresos, política de conservación, etc.).
4) Aplicación de métodos científicos a la organización general (8).

El hotel empleó a 250 personas y llevó a cabo todas las actividades de ingeniería a un coste menor del 0,5 por 100 del total de ventas de la Compañía.

Los párrafos que siguen resumen algunos de los cambios que se ejecutaron:

1) Se reunieron todos los almacenes en uno directamente responsable ante un departamento de compra centralizado de nueva creación. Se relevó de esta responsabilidad a siete dirigentes (9) que, por el método antiguo, dedicaban parte de su tiempo a las compras de su propio departamento y se les dedicó a actividades inspectoras adicionales.
2) El departamento de recepción de mercancías se combinó con el departamento central de almacenes, eliminando la sala de recepción como función totalmente separada.
3) Un cambio radical en la situación del departamento de lencería permitió la reunión de otros dos departamentos (el departamento de distribución de trabajos y la oficina de servicios) y, además, hizo factible que la oficina de servicios se ocupara de los asuntos de ambos. Con el cambio aumentó el control ejercido sobre los suministros y el personal.
4) Los talleres de carpintería, pintura y reparación, situados en un principio en tres habitaciones separadas y en pisos diferentes, quedaron unidos en un departamento de talleres, situado en una habitación utilizada anteriormente como trastero.

(7) H. E. STATS: "Personnel Relations in Hotel Management", *Journal of Society for the Advancement of Management*, vol. II, núm. 4, pág. 101.
(8) H. E. STATS: "Evolution of an Organization Plan", *Proceedings of the Minnesota Hotel Association*.
(9) Director, interventor, jefe de aprovisionamiento, jefe de cocina, jefe de comedor, mayordomo y superintendente.

5) La colocación del departamento de embotellado en un lugar más conveniente produjo una gran reducción de la mano de obra y de los gastos de utillaje.
6) El traslado del departamento de carnicería desde los almacenes en el sótano a la cocina, en la planta principal, evitó los envíos de carne entre ambos departamentos. En la actualidad se dispone más rápidamente de

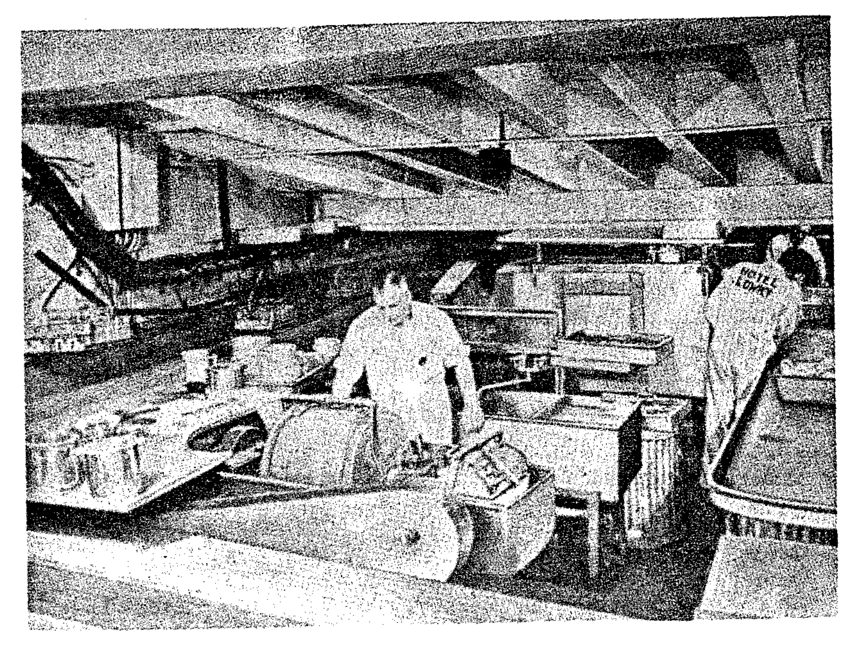


FIG. 52.—Departamento de lavado de platos centralizado: en primer plano, limpieza de la plata; detrás, dos máquinas de lavado de platos y transportador de cadena que lleva los platos.

la carne necesaria y puede utilizarse el tiempo libre del carnicero para otros trabajos de cocina.
7) Posiblemente el cambio más revolucionario en la distribución y manipulación de materiales fue la centralización del lavado de platos en un solo departamento, adjunto a la cocina principal. Este departamento se suministra a través de un transportador de cadena que corre también a lo largo de la cocina de la cafetería. El transportador se utiliza también para el envío de pedidos de comidas y materias primas entre las cocinas.

CENTRALIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LAVADO DE PLATOS:

A) En la actualidad, el secado de platos y vasos se ejecuta por completo automáticamente.
B) El uso del transportador para el envío de pedidos de comidas permite el cierre total de una cocina cuando la producción desciende por debajo de cierto nivel. Los pedidos se transmiten a través de una red de altavoces y se sirven con la ayuda del transportador.
C) El ritmo del transportador dirige la marcha de otras operaciones de la cocina (10).
D) Durante las horas *punta*, el transportador sirve de almacén de platos sucios, con lo que se elimina el embotellamiento de la producción y las roturas debidas al exceso de trabajo en el departamento de lavado de platos (figura 52).
E) El transportador se utiliza como almacenaje temporal de los platos limpios durante los *valles* de la producción, eliminando manipulaciones y apilados innecesarios.
F) La concentración de personal dedicado al lavado de platos simplifica la inspección.

Instalación de un puente para tuberías en una fábrica.—La Procter and Gamble Company viene haciendo amplio uso de los principios del estudio de movimientos en la construcción de sus fábricas. Un cuidadoso análisis del método de construcción de un puente para soportar tuberías, y de la instalación de estas en él, dio como resultado importantes economías en tiempo y dinero. En su factoría de Florida se montó recientemente el puente que se ve en las figuras 53 y 54 (11). El puente se construyó en un taller de construcciones metálicas y se entregó, en el lugar de su emplazamiento, en una sola pieza. El procedimiento corriente para montar un puente de esta clase consiste en levantarlo con una grúa, fijarlo sobre sus apoyos y, a continuación, instalar el conjunto de tuberías.

En este caso se puso en práctica un método mejor, consistente en colocar y montar las tuberías en el puente mientras este estaba aún en el suelo; también se realizaron en esta posición las operaciones de aislamiento y de pintura. Después, el puente, con las tuberías ya montadas en él, se izó y colocó con la misma grúa que se hubiera empleado para levantarlo "vacío". Este procedimiento representó un ahorro de 2.800 dólares, en comparación con el método corriente.

Necesidad de un análisis cuidadoso del proceso para toda producción mecanizada.—Cuando se organiza una fábrica para la producción en cantidad de un producto específico, se estudia el proceso de manufactura con gran cuidado y se sitúan la maquinaria, el equipo y los puestos de trabajo de modo que el producto recorra la fábrica con un mínimo de retrocesos y de movimientos inútiles. Antes de instalar el

(10) Los jefes del departamento de cocinas informaron que la presencia y movimiento constante y regular del transportador de cadena ejerce una curiosa influencia psicológica sobre los empleados, ayudándoles a conservar un ritmo constante y suave en su trabajo, incluso cuando sus actividades no tienen conexión directa con el transportador.

(11) GUNNAR C. CARLSON: "A Cost Reduction Program for Construction", *Proceedings Eighth Industrial Engineering Institute*, Universidad de California, pág. 21, febrero 1956.

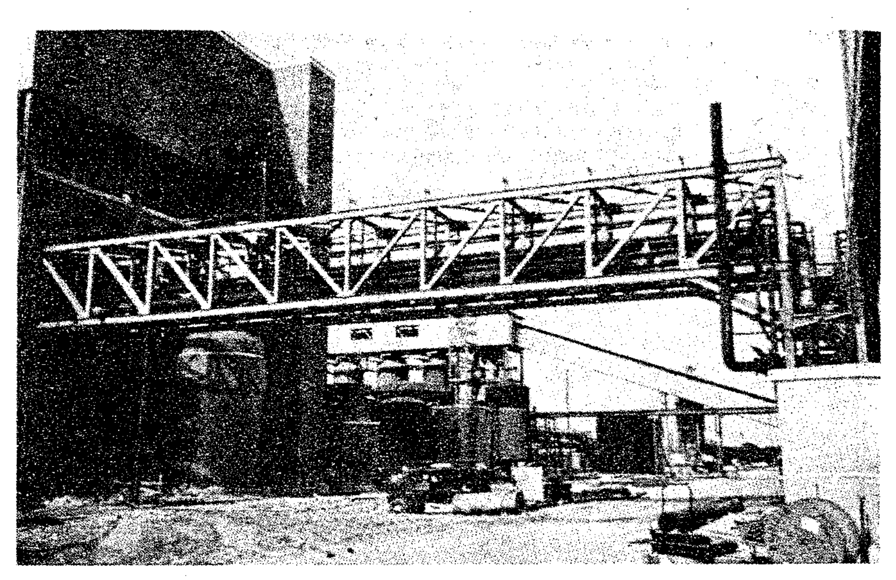


FIG. 53.—Vista exterior del puente soporte de las tuberías.

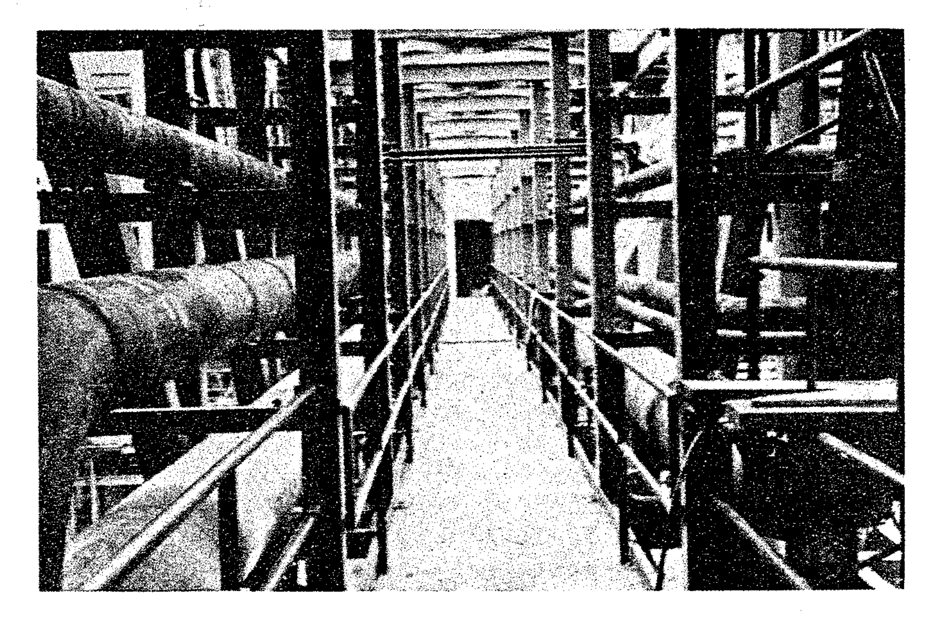
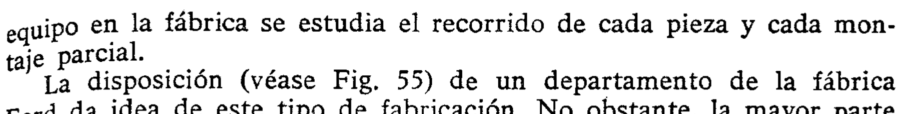


FIG. 54.—Vista interior del mismo puente.



equipo en la fábrica se estudia el recorrido de cada pieza y cada montaje parcial.

La disposición (véase Fig. 55) de un departamento de la fábrica Ford da idea de este tipo de fabricación. No obstante, la mayor parte de las fábricas no están ordenadas de esta forma. Por lo general, el

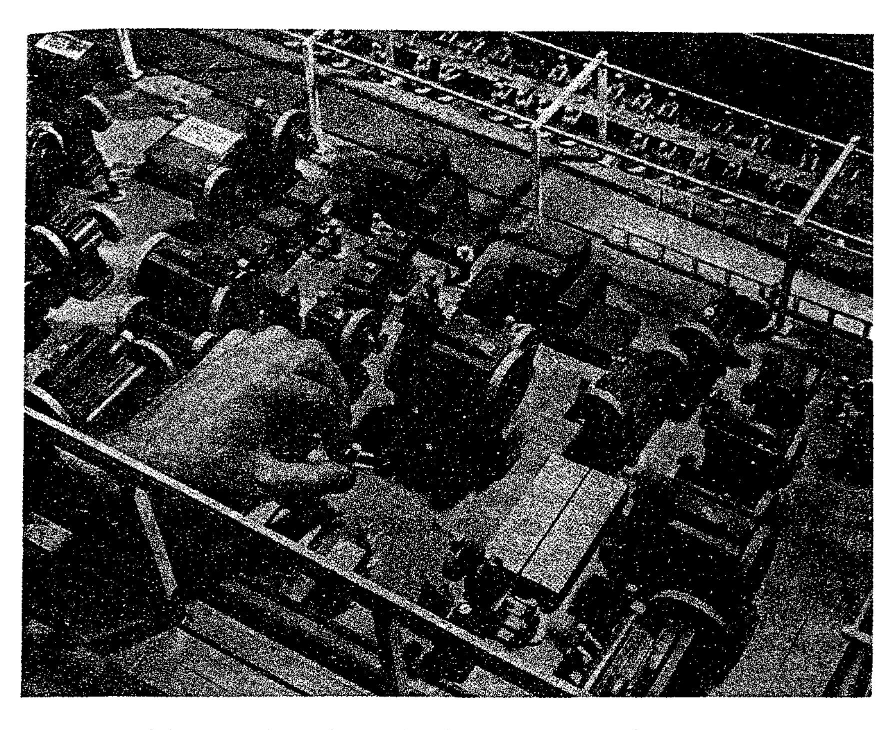


FIG. 55.—Modelo de cadena de producción mecanizada de la Ford Motor Company. Se hizo un análisis detallado del proceso, incluso con modelos tridimensionales de máquinas y operarios, antes de la instalación de la maquinaria y equipo. (Reproducción autorizada por la Ford Motor Company.)

material se mueve intermitentemente sobre carretillas desde un puesto de trabajo a otro y, en numerosas ocasiones, no se ha tomado muy en cuenta el orden de las operaciones o el recorrido del material a través de la fábrica. Por ello, existen numerosas oportunidades de ahorrar tiempo y dinero mediante el análisis del proceso.

Pasos que se han de dar para hacer un diagrama del proceso y un diagrama del recorrido:

1) Fijar la actividad a estudiar. Decidir si el sujeto que se ha de seguir es una persona, un producto, una pieza, un material o un

impreso. No cambiar de sujeto durante la construcción del diagrama del proceso.

2) Escoger un punto de partida y de llegada definido, a fin de estar seguro de que se cubrirá la actividad que se quiere estudiar.
3) El diagrama del proceso se debe dibujar en una hoja de papel de tamaño adecuado, con el fin de dejar espacio para: *a)* el encabezamiento; *b)* la descripción, y *c)* el resumen. El encabezamiento debe identificar el proceso a estudiar. El cuerpo del diagrama del proceso debe tener columnas para el *recorrido* (distancia en metros), el *símbolo,* la *descripción* y, posiblemente, para el *tiempo.* Se deben usar los cinco símbolos de los diagramas del proceso y, si se desea que el análisis sirva para algo, se recogerán todas las fases del proceso. Las fases innecesarias y las ineficiencias en el trabajo se han de "ver" antes de poder eliminarlas.
4) Agregar una tabla resumen al final del diagrama del proceso, mostrando el número de operaciones, el número de movimientos de cada clase, la distancia recorrida por la pieza, el número de inspecciones y el de almacenajes y esperas. Después de estudiar las mejoras se hará un resumen combinado del método antiguo, el método moderno y la diferencia.
5) Obtener los planos de los pisos o de la fábrica, con la situación de la maquinaria y del equipo utilizado en la fabricación de la pieza. Si no existen, dibujarlos a escala. Con frecuencia es conveniente pegar las copias de los planos sobre un tablero o mesa de dibujo y luego recortar plantillas de cartón que representen a escala el tamaño de las máquinas (escala, 1/50). Estas plantillas se pueden utilizar para estudiar los cambios de distribución. A veces se usan modelos tridimensionales a escala en lugar de plantillas (*) (véase Fig. 55).
6) Dibujar sobre los planos, a lápiz, el recorrido de las piezas, anotando, por medio de flechas, la dirección del movimiento. El diagrama de recorrido se debe hacer *in situ* y no fiarse de la memoria, haciéndolo desde el despacho. Las distancias se han de medir o recorrer.

(*) En el Instituto Nacional de Racionalización se ha adoptado la escala 1/50 para los modelos tridimensionales. *(N. del T.)*

CAPITULO VIII

DIAGRAMAS DE ACTIVIDAD
DIAGRAMAS HOMBRE-MAQUINA

Diagramas de actividad.—Aunque el diagrama del proceso y el de recorrido dan una idea de las diversas fases de un proceso, conviene frecuentemente descomponer este o una serie de operaciones y poner a su lado una escala de tiempos. Esta clase de gráfico recibe el nombre de diagrama de actividad. La figura 57 muestra un diagrama de actividad para la operación de coger unas piezas de fundición colocadas en una caja, transportarlas una distancia de tres metros y ponerlas bajo un chorro de arena. El esquema de la figura 56 subraya el hecho de que el operario recorre tres metros llevando las piezas de fundición y la misma distancia al regresar con las manos vacías.

El diagrama sugiere eliminar ese recorrido, colocando la caja de las piezas de fundición al lado del chorro de arena. El no haberse hecho esto al principio fue debido a que el chorro de arena estaba situado sobre una plataforma de hormigón de 10 cm de espesor. Más adelante se construyó una rampa, con lo que las carretillas montacargas pudieron llevar las cajas con las piezas de fundición hasta el chorro de arena, según se ve en la figura 58. La figura 59 muestra cómo esto eliminó las idas y venidas del operario, permitiéndole limpiar al chorro de arena un 75 por 100 de piezas de fundición por hora más que anteriormente. Además, en la actualidad solo se necesita una persona en el chorro de arena, mientras que antes se necesitaban dos.

El diagrama de actividad cobra una importancia especial en el análisis de trabajos de conservación, en tareas ejecutadas por un grupo de personas y en operaciones donde el trabajo no está equilibrado, existiendo, por consiguiente, tiempo "necesariamente" inactivo (1).

Diagramas hombre-máquina.—En algunas clases de trabajo, el operario y la máquina trabajan intermitentemente. Esto es, la máquina está inactiva mientras el operario la carga o la descarga, y el operario permanece inactivo mientras la máquina está en funcionamiento. No solo conviene eliminar el tiempo inactivo del operario, sino también mantener la máquina en funcionamiento tan próximo a su capacidad como sea posible. Existen muchas circunstancias en las que una máquina inactiva cuesta por hora tanto como en funcionamiento.

(1) Para el uso de los diagramas de actividad en las operaciones de producción de petróleo, véase "Job Design", por H. G. THUESEN y M. R. LOHMANN, *Oil and Gas Journal,* vol. XLI, págs. 115-18.

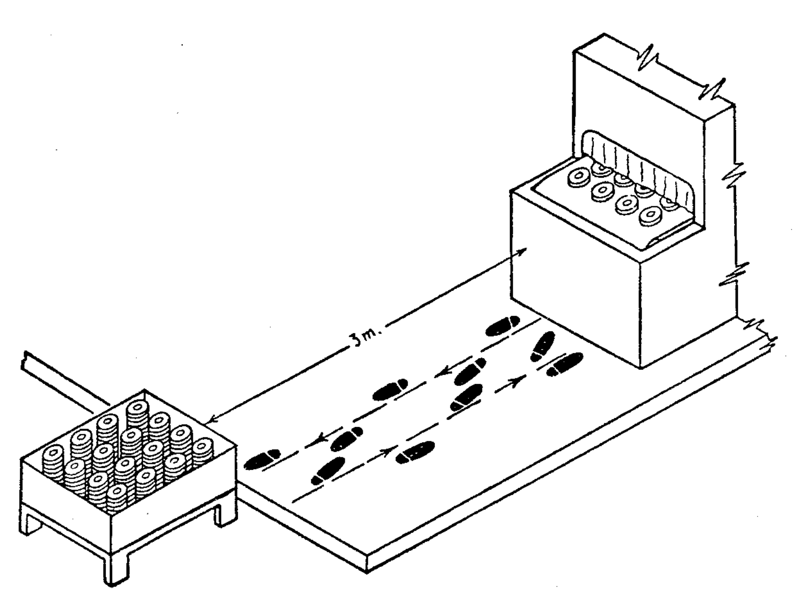


FIG. 56.—Disposición del lugar de trabajo para la limpieza por chorro de arena de piezas de fundición, según el método primitivo. Obsérvese el excesivo desplazamiento que hay que realizar.

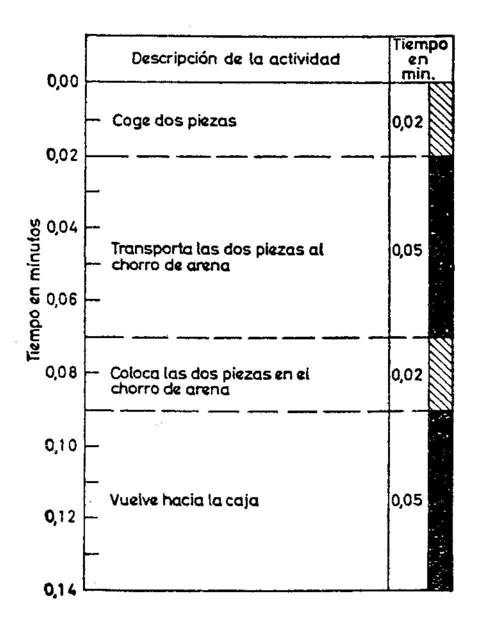


FIG. 57.—Diagrama de actividad para la limpieza por chorro de arena de piezas de fundición. Método primitivo.

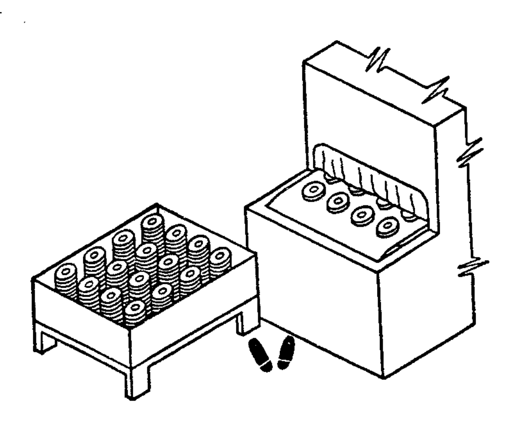


FIG. 58.—Disposición del lugar de trabajo para la limpieza por chorro de arena de piezas de fundición, según el nuevo método. Se ha eliminado el transporte innecesario. Un hombre realiza ahora el trabajo de dos.

Lo primero que hay que hacer para eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina es anotar con gran exactitud cuándo trabaja el operario y cuándo la máquina y lo que hace cada uno. La mayor parte de las operaciones incluyen tres fases principales: 1) *Preparar,* como poner el material en la máquina; 2) *Realizar* (ejecutar el trabajo), como hacer un taladro; y 3) *Retirar o limpiar,* como sacar de la máquina las piezas terminadas.

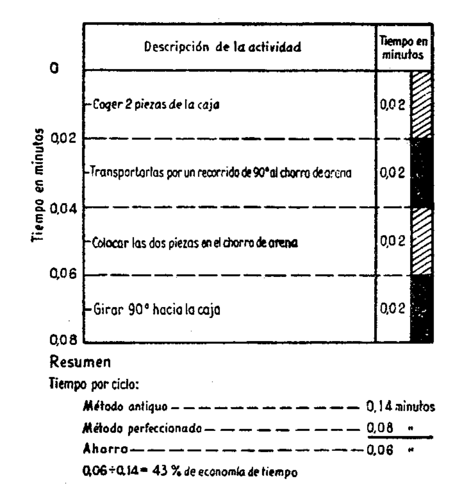


FIG. 59.—Diagrama de actividad para la limpieza por chorro de arena de piezas de fundición. Nuevo método.

HOMBRE	MAQUINA
1. Coge la pieza, la coloca en la plantilla y la sujeta a la misma, baja la broca y pone en marcha la máquina. Tiempo: $^1/_2$ minuto. (PREPARAR)	Inactiva.
Inactivo.	2. Hace un taladro de 12,5 mm en la pieza. Avance automático. Tiempo: 2,5 minutos. (REALIZAR)
3. Levanta la broca, suelta la pieza, la retira y sopla las virutas de la plantilla. Tiempo: $^3/_4$ de minuto. (RETIRAR O LIMPIAR)	Inactiva.

RESUMEN

	HOMBRE	MAQUINA
Tiempo inactivo . .	2,50 min	1,25 min
Tiempo de trabajo.	1,25	2,50
Tiempo total del ciclo	3,75	3,75
Utilización en porcentaje	Utilización del obrero: $\frac{1,25}{3,75} = 33\ \%$	Utilización de la máquina: $\frac{2,50}{3,75} = 67\ \%$

FIG. 60.—Diagrama de hombre y máquina en su forma más simple. Para hacer un taladro en una pieza de hierro fundido se emplean en total 3,75 minutos. Durante este tiempo, el obrero trabaja 1,25 minutos y la máquina funciona durante 2,50 minutos; es decir, que el obrero sólo trabaja durante un 33 % del ciclo total y la máquina durante el 67 %.

Tiempo en seg.	HOMBRE				MAQUINA	
	Comprador	Tiempo en seg.	Dependiente	Tiempo en seg.	Molino de café	Tiempo en seg.
0	1. Pide 1/2 Kg de café (calidad y finura)	5	Escucha la petición	5	Parada	5
10	2. Espera	15	Coge el café, lo pone en la máquina y la hace arrancar	15	Parada	15
20–30	3. Espera	21	Ocioso mientras lo muele la máquina	21	Muele el café	21
40–50	4. Espera	12	Para la máquina, pone el café en una bolsa y la cierra	12	Parada	12
60–70	5. Recibe el café, lo paga y recoge el cambio	17	Entrega el café, espera hasta recibir el dinero, lo recoge y devuelve el cambio	17	Parada	17

RESUMEN

	Comprador	Dependiente	Molinillo de café
Tiempo de espera.	48 seg	21 seg	49 seg
Tiempo de trabajo.	22	49	21
Tiempo total del ciclo	70	70	70
Utilización en porcentaje	Utilización del comprador = $\frac{22}{70} = 31\ \%$	Utilización del dependiente = $\frac{49}{70} = 70\ \%$	Utilización de la máquina = $\frac{21}{70} = 30\ \%$

FIG. 61.—Este diagrama de hombre y máquina nos muestra la compra de café en un almacén de ultramarinos. Intervienen en esta operación el comprador, el dependiente y el molinillo de café. El tiempo total requerido para efectuar la compra fue de un minuto y diez segundos. Durante este tiempo, el cliente empleó tan solo 22 segundos en pedir el café, recibirlo y pagarlo, o sea el 31 % del ciclo total de la operación, y estuvo ocioso el 69 % del tiempo. El dependiente trabajó durante 49 segundos, o sea el 70 %, y permaneció ocioso durante 21 segundos, es decir, el 30 % del tiempo. Por último, el molinillo de café funcionó durante 21 segundos, o sea el 30 % del total, y estuvo parado durante el 70 % del tiempo.

La figura 60 muestra el taladrado de un agujero en una pieza de fundición, utilizando un taladro de avance automático. Las actividades ejecutadas por el operario se registran en la parte izquierda de la figura y las operaciones realizadas por la máquina se anotan en la parte derecha. Esta clase de impreso constituye un diagrama hombre-máquina en su forma más sencilla.

Frecuentemente se ve mejor la relación entre los tiempos de trabajo del operario y los de la máquina, expresando la información obtenida en forma gráfica, a escala.

Compra de café.—A continuación se reseña la compra de una libra de café para ilustrar las operaciones ejecutadas por el cliente, el dependiente y el molinillo de café en una tienda de ultramarinos. El cliente entra en la tienda, pide una libra de café al dependiente, especificando la marca y la finura de la molienda. El dependiente coge el café, abre el paquete, ajusta el molinillo, echa el café en la tolva del molinillo y lo pone en marcha. El cliente y el dependiente permanecen inactivos los 21 segundos durante los cuales se muele el café (2).

Una vez molido el café, el dependiente lo introduce en un paquete

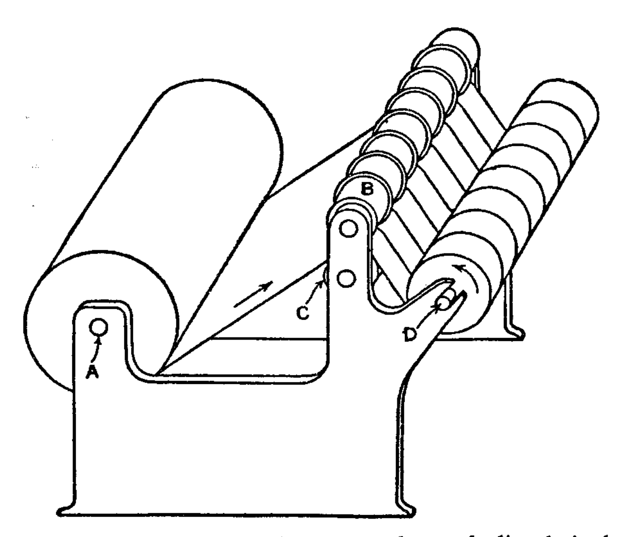


Fig. 62.—Máquina cortadora. El tejido engomado se desliza bajo las cuchillas *B*, que lo cortan en tiras. Estas se arrollan sobre el eje *D*.

(2) El tiempo se toma y anota siempre en decimales de horas o minutos y no en segundos. No obstante, al exponer ciertas técnicas de movimientos y tiempos a los operarios de la fábrica, tales como los diagramas hombre-máquina de la figura 61, se pueden expresar los tiempos en segundos, ya que la mayor parte de la gente está más familiarizada con esta unidad.

y lo entrega al cliente. Este paga el importe al dependiente, el cual lo marca en la registradora, devuelve el cambio y guarda el dinero en la caja. En la figura 61 se muestra gráficamente el trabajo o actividad del cliente, dependiente y molinillo, mediante un diagrama hombre-máquina; en la parte inferior se hace un resumen.

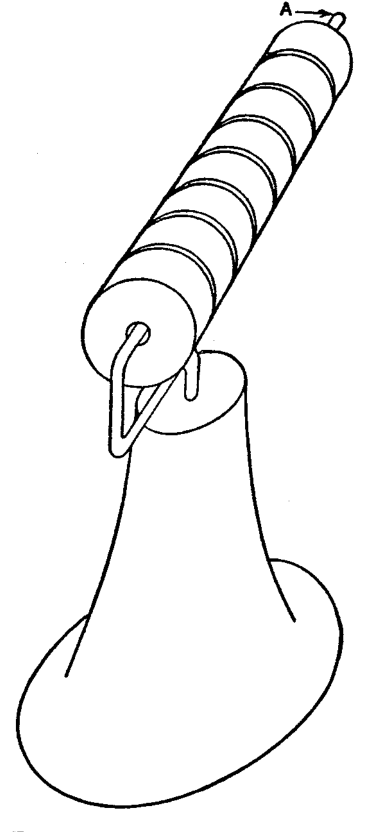


Fig. 63.—Soporte especial. Los rollos cortados se trasladan al eje *A* del mismo para ser envueltos y rotulados.

Cambios posibles.—El diagrama hombre-máquina de la figura 61 muestra el excesivo tiempo de espera de cliente y dependiente mientras se muele el café. Esto sugiere la idea de moler cierta cantidad de café con anticipación, para que el cliente no tenga que esperar. En tal caso, el dependiente podría servir por hora a más del doble de clientes y estos gastarían menos de la mitad de tiempo en adquirir el café.

Si la tienda fuera grande (existiendo cierto número de dependientes y disponiendo de una serie de molinillos), el diagrama hombre-máquina sugeriría la división de actividades de los dependientes: uno atendiendo al cliente y otro moliendo el café. De esta forma, y en el caso hipotético que estamos estudiando, se utilizarían los molinillos de café casi continuamente, lo que significa que se necesitarían menos molinillos. Los dependientes trabajarían con mayor provecho, porque tendrían menos tiempo inactivo y el cliente sería servido más rápidamente. Con ello se descongestionaría el trabajo en las horas de agobio. Es más: significaría que la tienda podría servir a mayor número de clientes por superficie en planta y con cierta cantidad de equipo. No obstante, sería necesario sellar y fechar las bolsas de café, a fin de que el cliente estuviese seguro de recibir un producto molido recientemente.

Operación de cortar cinta engomada.—La preparación de la cinta engomada se realiza recubriendo esta de una capa adherente por medio de máquinas de marcha continua, colocándola sobre soportes de secado y arrollándola a continuación en rollos de unos 90 cm de anchura y 60 cm de diámetro. Estos rollos se almacenan y, más tarde, se sacan

OPERACIÓN: Cortar cinta engomada	Núm. OPER. S-46
NOMBRE DEL PRODUCTO: Cinta engomada	Núm. del PRODUCTO: F 261
NOMBRE DE LA MÁQUINA: Máquina especial de cortar	Núm. MÁQUINA: S-431
NOMBRE DEL OPERARIO: J. S. Wilson. Ayudte., S. K. Smith.	FECHA: 3-5-43
MÉTODO PRIMITIVO ☒ NUEVO MÉTODO ☐	CUADRO por J.S.W

Operario	Tiempo*	Ayudante	Tiempo*	Máquina	Tiempo*
Manipula la máquina	2,2	Prepara embalajes y rótulos	0,9	Corta la cinta preparada	2,2
		Espera la terminación del trabajo de la máquina	1,3		
Espera al ayudante	0,7	Envuelve los rollos	0,9	Parada	3,0
Rotula los rollos	0,6	Espera al operario	0,7		
Abre el eje de arrollamiento	0,3				
Espera al ayudante	0,8	Quita los rollos	0,8		
Arranca la máquina	0,6	Los coloca sobre el plano inclinado	0,6		

Tiempo en minutos: 1,0 – 2,0 – 3,0 – 4,0 – 5,0

* Tiempo en minutos

RESUMEN

	Operario	Ayudante	Máquina
Tiempo inactivo . .	1,5 min	2,0 min	3,0 min
Tiempo de trabajo.	3,7	3,2	2,2
Tiempo total del ciclo	5,2	5,2	5,2
Utilización en porcentaje	Utilización del operario = $\frac{3,7}{5,2}$ = 71 %	Utilización del ayudante = $\frac{3,2}{5,2}$ = 62 %	Utilización de la máquina = $\frac{2,2}{5,2}$ = 42 %

Fig. 64.—Diagrama de hombre y máquina en la operación de cortar cinta engomada según el método primitivo. El tiempo total del ciclo era de 5,2 minutos. El número total de operaciones por hora era de 11,5.

OPERACIÓN: Cortar cinta engomada	Núm. OPER. S-46
NOMBRE DEL PRODUCTO: Cinta engomada	Núm del PRODUCTO: F 261
NOMBRE DE LA MÁQUINA: Máquina especial de cortar	Núm. MÁQUINA S-431
NOMBRE DEL OPERARIO: J. S. Wilson. Ayudte. S. K. Smith.	FECHA: 20-5-43
MÉTODO PRIMITIVO ☐ NUEVO MÉTODO ☒	CUADRO por J.S.W

Operario	Tiempo*	Ayudante	Tiempo*	Máquina	Tiempo*
Manipula la máquina	2,2	Envuelve los rollos (continuación)	0,3	Corta la cinta preparada	2,2
		Rotula los rollos	0,6		
		Los coloca sobre el plano inclinado	0,5		
		Prepara envolturas y rótulos	0,9		
Abre el eje de arrollamiento	0,3	Espera al operario	0,2	Parada	1,4
Saca los rollos	0,5	Ayuda a sacar los rollos	0,5		
Arranca la máquina	0,6	Envuelve los rollos	0,6		

Tiempo en minutos: 1,0 – 2,0 – 3,0

* Tiempo en minutos

RESUMEN

	Operario	Ayudante	Máquina
Tiempo inactivo . .	0,0 min	0,2 min	1,4 min
Tiempo de trabajo.	3,6	3,4	2,2
Tiempo total del ciclo	3,6	3,6	3,6
Utilización en porcentaje	Utilización del operario = $\frac{3,6}{3,6}$ = 100 %	Utilización del ayudante = $\frac{3,4}{3,6}$ = 95 %	Utilización de la máquina = $\frac{2,2}{3,6}$ = 61 %

Fig. 65.—Diagrama de hombre y máquina en la operación de cortar cinta engomada según el método perfeccionado. El tiempo total del ciclo fue de 3,6 minutos; el total de operaciones por hora, de 16,6.

y cortan en forma de rollos más estrechos, de acuerdo con los pedidos de los clientes.

Método original.—La cinta se corta en una máquina como la representada en la figura 62. El rollo original se coloca sobre el eje *A* de la máquina. Al pasar bajo las cuchillas rotatorias *B*, que la comprimen contra el cilindro giratorio *C*, queda la cinta cortada en los diversos anchos necesarios. El material se enrolla entonces en unos soportes cilíndricos de cartón colocados en *D*. Una vez que se ha enrollado la longitud deseada, se corta la tela paralelamente al eje *D*. Después, el obrero y su ayudante envuelven con papel y ponen una etiqueta a cada rollo, con la calidad, longitud y otras características. Por último, se sacan los rollos del eje *D* y se colocan sobre un plano inclinado. Durante este tiempo la máquina permanece inactiva.

Método perfeccionado.—Se logró aumentar en un 44 por 100 la capacidad de la máquina cortadora, introduciendo en el método el siguiente cambio: una vez que la cinta ha quedado cortada y enrollada, se trasladan los rollos del eje *D* de la máquina cortadora al eje *A* del pedestal que se muestra en la figura 63. Esta operación es sencilla y corta. En seguida, el ayudante procede a envolver, poner etiquetas y marcar los rollos, mientras que el operario de la máquina vuelve a poner la cortadora en marcha, eliminando de esta forma gran parte del tiempo inactivo de la misma. Debido al diseño de la máquina, el operario tiene que manipular en los mandos de esta mientras se efectúa el corte de la cinta. Los diagramas hombre-máquina de las figuras 64 y 65 muestran el tiempo inactivo y el de trabajo antes y después de la implantación del método perfeccionado.

Resultados.—El tiempo total del ciclo por el procedimiento antiguo era de 5,2 minutos, o sea que se ejecutaban 11,5 cortes por hora, mientras que por el método moderno se ha reducido el tiempo del ciclo a 3,6 minutos, lo que aumentó la producción a 16,6 cortes por hora. Este aumento de 5,1 cortes por hora representa una mejora del 44 por 100. La utilización de la máquina se aumentó del 42 al 61 por 100, como viene indicado en los diagramas hombre-máquina. La mejora tenía especial importancia en el caso presente, ya que las máquinas cortadoras funcionaban las veinticuatro horas del día, durante los siete días de la semana, y aun así eran incapaces de satisfacer la demanda del producto.

Proyecto de máquinas y equipos.—Los fabricantes de maquinaria y equipos se enfrentan con el problema de proyectar máquinas que hagan un trabajo mejor a un coste más reducido. Para abordar este problema deberían estudiar el proceso y las operaciones individuales desde el punto de vista de la persona que realiza el trabajo, para luego pro-

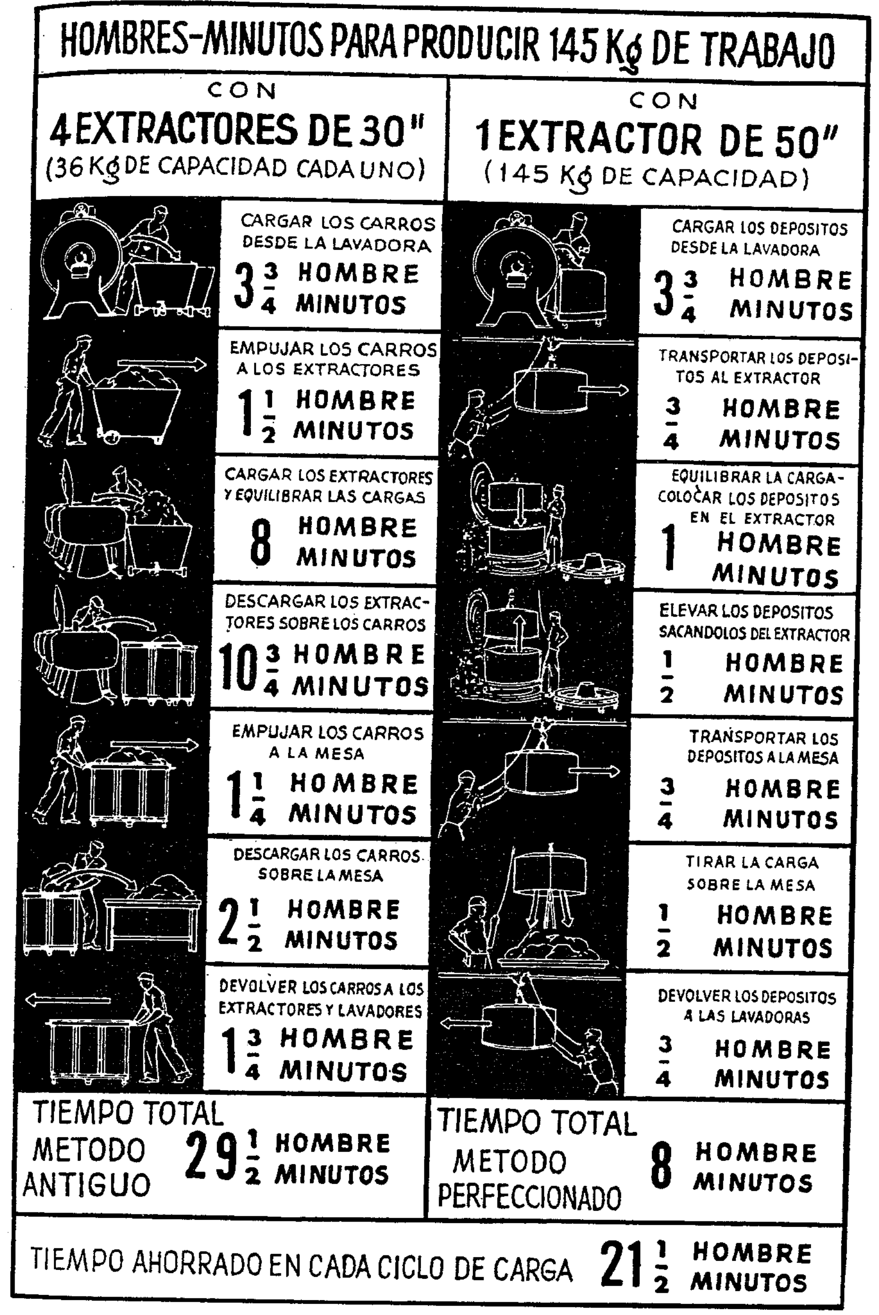


FIG. 66.—Gráfico utilizado por un fabricante de máquinas de lavar para mostrar cómo el diseño de su extractor elimina operaciones manuales y ahorra tiempo.

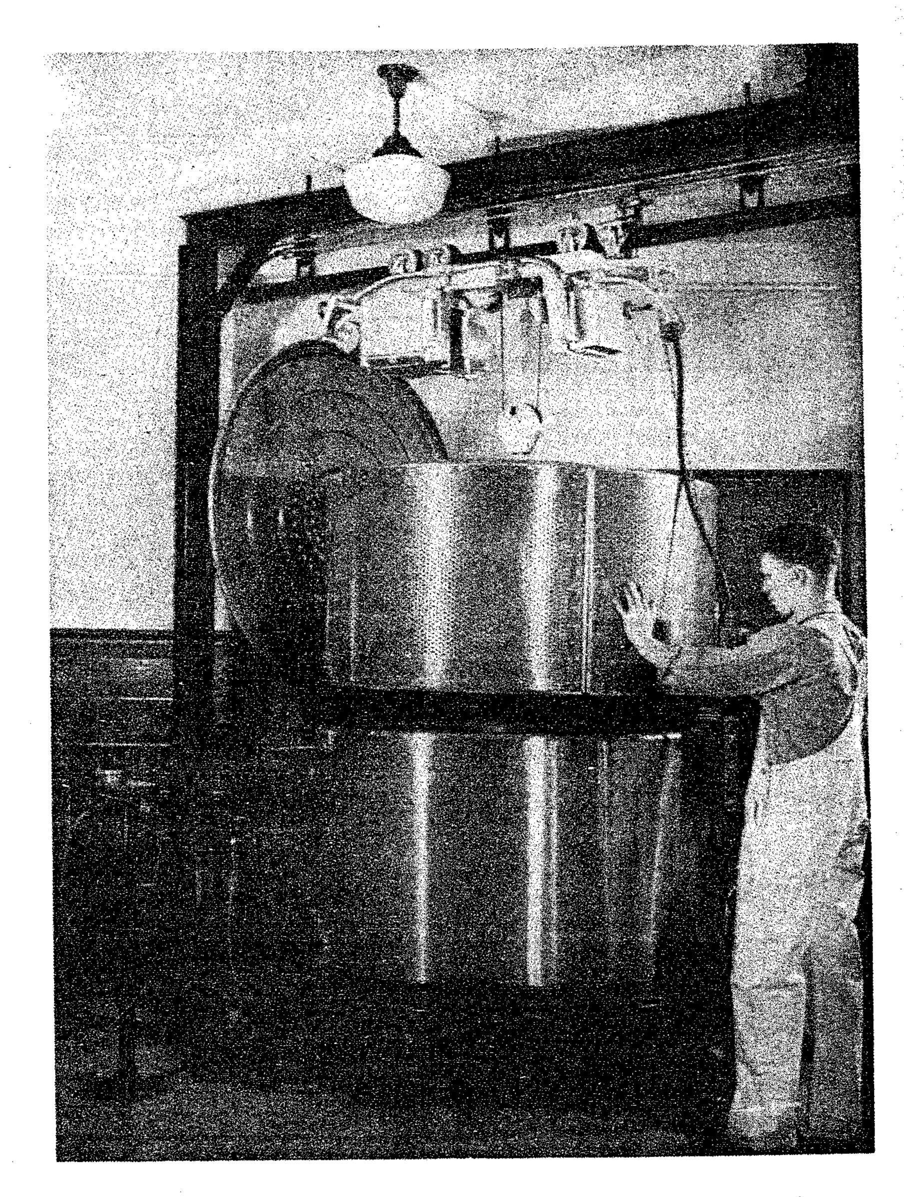


Fig. 67.—Extractor utilizado en un lavadero comercial para enjugar la ropa por medio de la fuerza centrífuga. El depósito del extractor, que puede desmontarse, está hecho de dos mitades ajustables, con fondo provisto de goznes.

yectar la máquina o el equipo con la idea de ahorrarle tiempo y energías. El hecho de que el equipo nuevo ahorre tiempo, eliminando algunas operaciones, se utiliza con frecuencia para su publicidad. La figura 66 reproduce parte del anuncio de un fabricante de máquinas de lavar, en el que se indica que el moderno diseño del extractor elimina varias operaciones manuales y realiza en 8 minutos el trabajo que anteriormente necesitaba 29,5 minutos. A continuación se da una descripción más completa de este trabajo.

Enjugar la ropa en el lavadero comercial. Método corriente.—La ropa que se lava en un lavadero comercial se saca a mano de la máquina lavadora, se lleva en una carretilla hasta un extractor y se descarga a mano de la carretilla al extractor. Una vez terminada esta operación, se tapa el extractor y se pone en marcha, haciéndolo funcionar a gran velocidad durante 10 o 15 minutos, en los cuales el agua sale expelida de la ropa gracias a la fuerza centrífuga.

Después se para el extractor, se destapa y se sacan las ropas a mano, colocándolas en una carretilla, que las transporta hasta una mesa, donde se descargan a mano.

Extractor con depósitos desmontables.—En la actualidad se fabrica un extractor (véase Fig. 67) con un depósito desmontable que consta de dos partes o mitades, cada una de las cuales se ajusta con piezas a propósito; el fondo se abre hacia abajo, girando sobre un gozne que lo sujeta a uno de los lados.

Con el nuevo extractor, la operación de enjugado de las ropas se realiza como se indica a continuación. Las mitades del depósito se llevan hasta la lavadora, donde se llenan a mano; se juntan después, sujetándolas debidamente, para formar un cilindro (véase Fig. 67) que un polipasto eléctrico, montado sobre un monocarril, eleva, transporta y coloca en su sitio. Se pone el extractor en marcha y se le deja funcionar durante 15 minutos. Una vez que se ha enjugado la ropa se para el extractor, se destapa y se saca el depósito, mediante el polipasto, para situarlo sobre la mesa y descargar su cometido en ella abriendo el fondo de cada una de sus mitades. Finalmente, se cierra el fondo de cada mitad y se devuelve el depósito a la lavadora mecánica para recibir una nueva carga de ropa.

Mecanización y automatización.—El empleo del extractor con depósitos desmontables constituyó una notable mejora sobre el método anterior, y se utiliza ampliamente en lavanderías comerciales. Sin embargo, hoy se dispone de lavadoras-extractores cuya capacidad (peso en seco) varía de 60 a 160 kg. Además, pronto aparecerá en el mercado una máquina automática capaz de lavar, aclarar y secar a razón de 30 metros por minuto, lo que equivale a una docena de sábanas grandes.

CAPITULO IX

ANALISIS DE LA OPERACION

El estudio completo del proceso debe dar por resultado una reducción en la distancia recorrida por el operario, materiales y herramientas y conducir a procedimientos ordenados y sistemáticos. El diagrama hombre-máquina sugiere con frecuencia la forma de eliminar el tiempo inactivo de la máquina y favorece el equilibrio entre el trabajo del operario y el de la máquina.

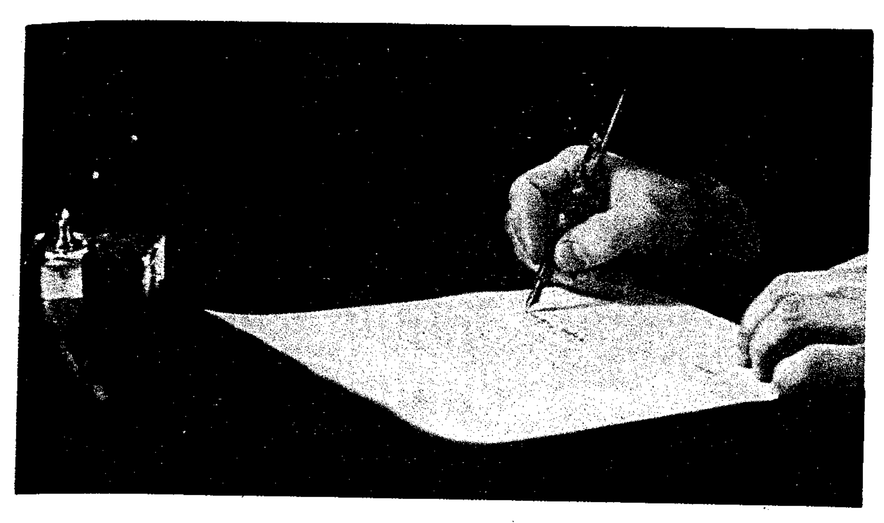
Una vez terminados estos estudios, llega el momento de investigar determinadas operaciones para perfeccionarlas. La meta del estudio de movimientos es analizar los movimientos del operario al ejecutar una operación, con objeto de hallar la forma más económica de hacerla. Se intenta eliminar sistemáticamente todos los movimientos innecesarios y disponer los restantes en el mejor orden posible. Los principios y técnicas del estudio de movimientos encuentran su máxima utilidad precisamente cuando se aplican a operaciones determinadas. El estudio de movimientos comprende el análisis y la síntesis.

La extensión que hay que dar al estudio de movimientos, así como a las restantes fases del estudio de movimientos y tiempos, dependerá, en gran parte, de las economías en coste previstas. En la tabla I (página 30) puede apreciarse que el estudio de movimientos varía grandemente: desde un análisis rápido, seguido de una aplicación general de los principios de economía de movimientos, hasta un estudio detallado de los movimientos de cada mano, seguido de una aplicación extensa y cuidada de los principios de economía de movimientos. Desde luego, el análisis más completo sólo es posible por medio del estudio de micromovimientos, que se explicará en los capítulos siguientes.

Diagramas de operaciones.—Para quienes conozcan la técnica del estudio de micromovimientos, esto es, para las personas capaces de ver el trabajo como un conjunto de movimientos elementales de las manos, el diagrama de operación o diagrama de las manos izquierda y derecha, resulta una ayuda tan sencilla como eficaz en el análisis de la operación.

No se necesita ningún dispositivo de medida del tiempo y, en la mayor parte de los trabajos, el analista es capaz de construir dicho diagrama observando al operario dedicado a su trabajo. El fin primordial del diagrama es encontrar una forma mejor de ejecutar la tarea, aunque también se emplea para la enseñanza de los operarios.

En los diagramas de operaciones se suelen utilizar dos símbolos. Un círculo pequeño que indica un transporte, tal como el movimiento de la mano para coger un objeto y un círculo grande que representa una operación, como la de coger, poner en posición, usar o soltar un obje-



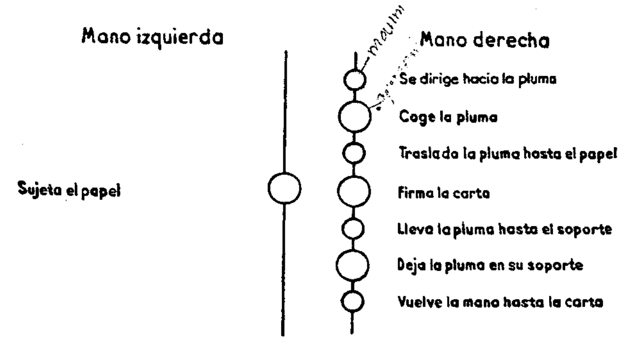


FIG. 68.—Diagrama de operación mostrando los movimientos de ambas manos, para firmar una carta.

to. Así, p. ej., para firmar una carta con una pluma estilográfica, la mano izquierda sostiene el papel, mientras la derecha ejecuta los movimientos que se indican en la figura 68.

Para hacer un diagrama de operaciones o uno de mano derecha e izquierda, el primer paso es dibujar un esquema del lugar de trabajo,

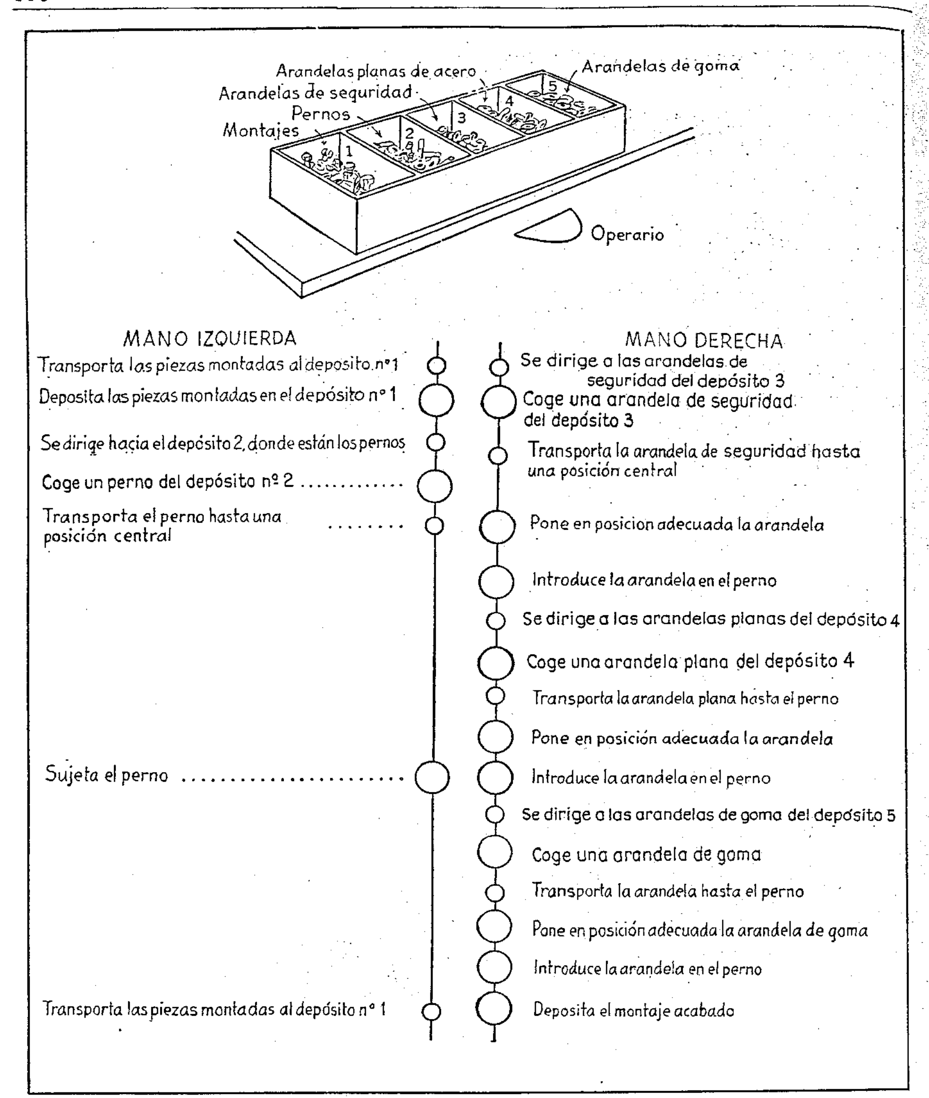


FIG. 69.—Diagrama de operación para el montaje de perno y arandela, según el método antiguo.

indicando el contenido de los depósitos y la situación de las herramientas y materiales. Después se observa al operario y se hace un cuadro mental de sus movimientos, observando una mano cada vez. Se anotan los movimientos o elementos ejecutados por la mano izquierda en la parte izquierda de una hoja de papel y después se hace

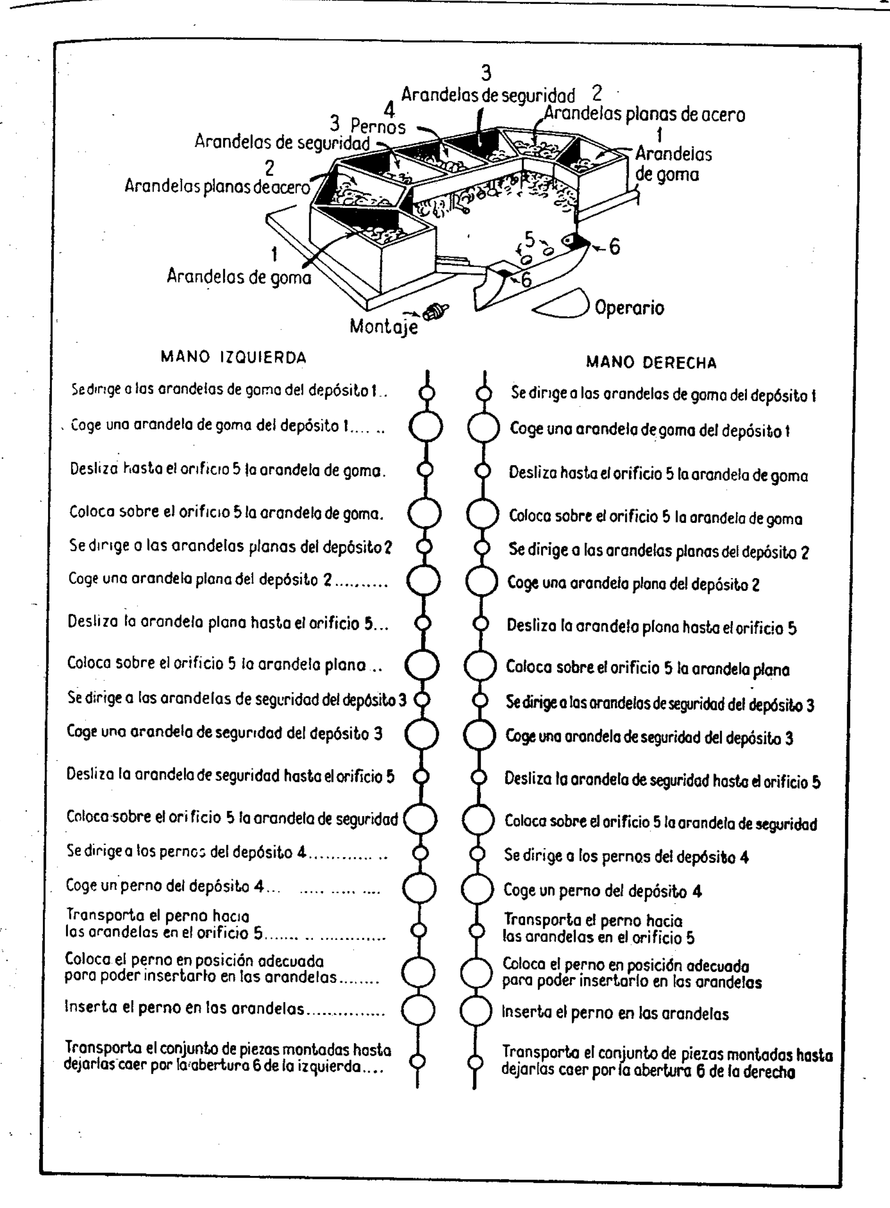
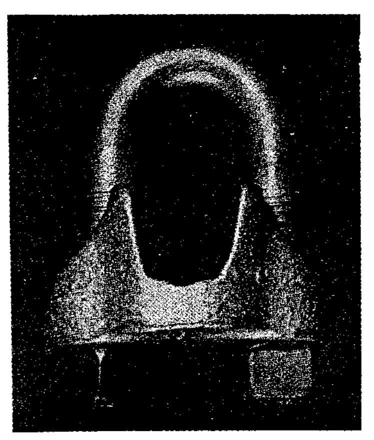


FIG. 70.—Diagrama de operación para el montaje de perno y arandela, según el nuevo método.



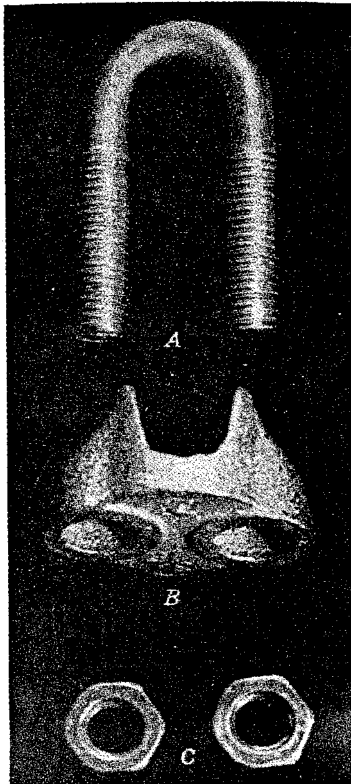


FIG. 71.—Abrazadera compuesta por: *A*, tornillo en U; *B*, pieza de fundición; *C*, tuercas.

otro tanto con los de la mano derecha en la parte derecha de la hoja. Solo en contadas ocasiones se podrá obtener de primer intento la debida relación de los movimientos de ambas manos, por lo que será necesario dibujar de nuevo el diagrama.

Montaje de pernos y arandelas.—La figura 69 muestra un diagrama de manos derecha e izquierda para la operación de montar tres arandelas (una de seguridad, otra de acero y otra de goma) sobre un perno. La operación se describe por completo en la página 223. A simple vista se observa en el diagrama que la mano izquierda está sosteniendo el perno, mientras la derecha realiza un trabajo útil: el montaje de las arandelas. Sin duda alguna, estamos ante un caso de desequilibrio en el movimiento de ambas manos. El diagrama de la figura 70 muestra cómo resultaría la operación si se utilizara un dispositivo especial de montaje y las dos manos trabajaran simultáneamente.

Cuando se tiene a la vista una descomposición de la operación, se está en posición ventajosa para analizar cada elemento de la tarea y para estudiar y conseguir un método mejor y más sencillo.

Montaje de abrazaderas.—La abrazadera representada en la figura 71 está compuesta de tres partes diferentes: *A*, el tornillo en U; *B*, la pieza de fundición; *C*, las tuercas hexagonales. Las abrazaderas se montaban primitivamente de la forma indicada a continuación: el operario cogía un tornillo en U del depósito 1 (véase Fig. 72) con la mano izquierda y lo ponía delante de él. Entonces cogía una pieza de fundición del depósito 3 con la mano derecha y la montaba sobre el tornillo; de igual forma cogía (del depósito 2) y montaba, sucesivamente, dos tuer-

cas en los extremos con rosca del tornillo. Finalmente, con la mano derecha, dejaba el montaje terminado en el depósito 4, situado a su derecha. El diagrama correspondiente a esta operación se muestra en la figura 72.

Hoja de comprobación para el análisis de la operación.—Uno de los sistemas para encontrar la forma mejor de realizar el trabajo es some-

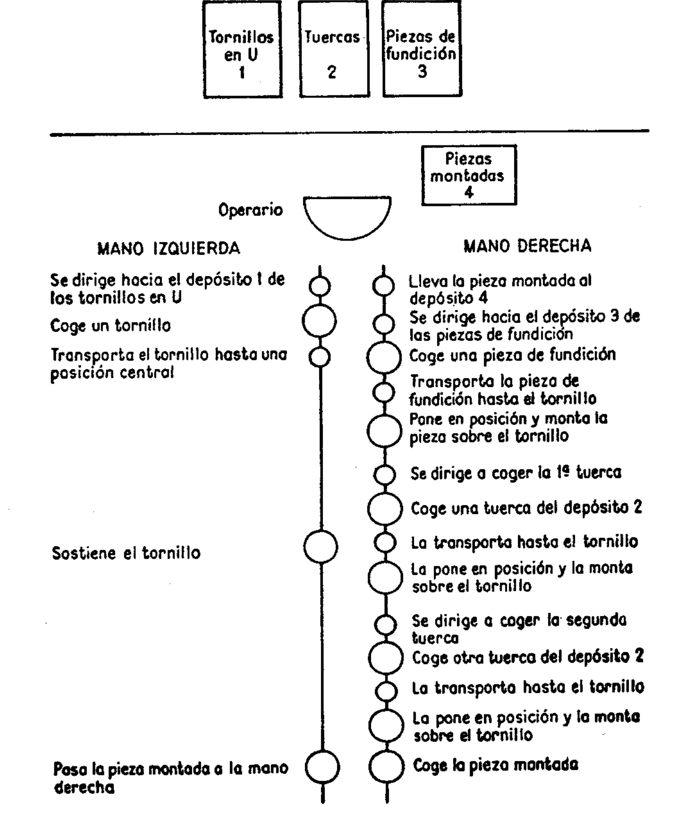


FIG. 72.—Diagrama de operación del montaje de abrazaderas, según el método primitivo.

ter la operación a una serie de detalladas preguntas. Se obtiene un resultado mejor si se consideran estas preguntas en una reunión de las diversas personas interesadas en la tarea. Además de estudiar los movimientos utilizados en la ejecución de la operación, es conveniente tener en cuenta los materiales, herramientas, plantillas, equipo de ma-

nipulación, condiciones de trabajo y otros factores que afectan a la tarea. No resulta siempre sencillo encontrar la forma mejor, y se necesita imaginación, ingenio e inventiva. Por consiguiente, son de gran valor para el analista las opiniones del capataz, del proyectista de herramientas y del operario.

Después de anotar todo lo que se conoce de la tarea, se deben considerar las diversas fases de la operación como sigue:

I. *Materiales:*

1. ¿Puede sustituirse por un material más barato?
2. ¿Es uniforme el material y está en las debidas condiciones cuando llega a manos del operario?
3. ¿Es del tamaño, peso y acabado debidos para su uso más económico?
4. ¿Se utiliza el material hasta el máximo?
5. ¿Se podría encontrar alguna utilización para los residuos y piezas desechadas?
6. ¿Podrían reducirse los almacenamientos de materiales o de las piezas en proceso?

II. *Manipulación de materiales:*

1. ¿Podría reducirse el número de veces que se manipula el material?
2. ¿Podría acortarse la distancia de transporte?
3. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en depósitos adecuados? ¿Se mantienen estos limpios?
4. ¿Existen retrasos en la entrega de los materiales a los operarios?
5. ¿Podría relevarse al obrero del transporte de los materiales utilizando transportadores?
6. ¿Podrían reducirse o eliminarse los retrocesos del material en su recorrido?
7. Haciendo una nueva distribución o combinando las operaciones, ¿podría evitarse el transporte de los materiales?

III. *Herramientas, plantillas y dispositivos de sujeción:*

1. Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?
2. ¿Están las herramientas en buenas condiciones de uso?
3. Si se trata de herramientas para el corte de metales, ¿los ángulos de corte son los debidos? ¿Se afilan estas herramientas en un departamento especial dedicado a este fin?
4. ¿Podrían cambiarse las herramientas y plantillas por otras que exigieran mano de obra menos especializada para ejecutar la operación?
5. ¿Se utilizan ambas manos en trabajo productivo al usar las herramientas y plantillas?
6. ¿Pueden utilizarse planos inclinados, eyectores, dispositivos de sujeción, etc.?
7. ¿Podría hacerse algún cambio técnico para simplificar el diseño de las herramientas?

IV. *Máquina:*

A) Preparación:

1. ¿Debe el operario preparar su propia máquina?
2. ¿Puede reducirse el número de preparaciones si se usan lotes de tamaño apropiado?
3. ¿Se obtienen sin retrasos los dibujos, herramientas y calibres?
4. ¿Se producen retrasos en la inspección de las primeras piezas producidas?

B) Operación:

1. ¿Puede eliminarse la operación?
2. ¿Podría hacerse el trabajo de múltiples piezas?
3. ¿Podría aumentarse la velocidad o avance de la máquina?
4. ¿Podría utilizarse alimentación automática?
5. ¿Podría dividirse la operación en otras dos o más de menor duración?
6. ¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola? Considérese el efecto de las combinaciones sobre el período de aprendizaje.
7. ¿Podría cambiarse el orden de las operaciones?
8. ¿Podría reducirse la cantidad de desperdicio y trabajo malgastado?
9. ¿Podría ponerse la parte o pieza en posición previa para la operación siguiente?
10. ¿Pueden reducirse o eliminarse las interrupciones?
11. ¿Puede combinarse una operación con una inspección?
12. ¿Está la máquina en buenas condiciones de uso?

V. *Operario:*

1. ¿Está el operario debidamente calificado, tanto mental como físicamente, para realizar esta operación?
2. ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante un cambio en las herramientas, plantillas, disposición del lugar de trabajo o de las condiciones del mismo?
3. Los salarios base, ¿son los adecuados para esta clase de trabajo?
4. ¿Es satisfactoria la inspección?
5. ¿Podría mejorarse la actuación del operario instruyéndolo más?

VI. *Condiciones de trabajo:*

1. ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación, calefacción y ventilación?
2. ¿Son apropiados los armarios, salas de descanso, cuartos de aseo y vestuarios?
3. ¿Hay algún riesgo innecesario en la operación?
4. ¿Se ha previsto lo conveniente para que el operario pueda trabajar indistintamente en pie o sentado?
5. La jornada de trabajo y los períodos de descanso, ¿han sido fijados para obtener la máxima economía?
6. ¿Existe limpieza y orden en la totalidad de la fábrica?

La lista de preguntas expuesta presenta, aunque no de forma completa, los elementos que requieren consideración para resolver el problema de buscar la mejor forma de realizar un trabajo y constituye una

hoja de comprobación típica, que se puede utilizar en una fábrica determinada.

Otra forma de abordar el problema es descomponer la tarea en tres fases: 1.ª preparar; 2.ª realizar el trabajo (o usar), y 3.ª recoger o limpiar, como ya se ha dicho anteriormente. La fase segunda es el objeto primordial del trabajo y las fases primera y tercera son auxiliares. Frecuentemente se pueden acortar y simplificar las fases de preparación y recogida o limpieza, sin perjudicar a la realización o utilización.

Pintura interior y exterior de tapas y cuerpos de cajas metálicas.—A continuación se muestran las fases seguidas para perfeccionar el

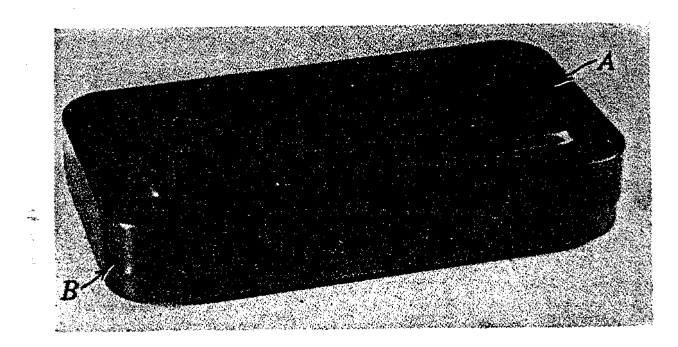


FIG. 73.—Caja metálica: *A*, cubierta de la caja; *B*, cuerpo de la caja.

método de pintar por pulverización de esmalte negro las dos partes de una caja metálica pequeña. De las preguntas anotadas en las páginas anteriores, la que ofrecía mayores esperanzas en este caso era la IV-B-6: "¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?", refiriéndose a la posibilidad de pintar el interior y el exterior de la cajita en una sola operación.

Cuando se intenta sistemáticamente buscar un método mejor, pocas veces el primer ensayo es el definitivo. Encontrar el método más económico viene a ser, por lo general, un proceso evolutivo y de inventiva, como lo muestra el caso que nos ocupa.

Las cajas (véase Fig. 73) se construyen de tamaños y formas ligeramente distintos y se utilizan para guardar productos, tales como instrumentos quirúrgicos y accesorios de máquinas de coser. Constan de dos partes: la tapa y el cuerpo, que se ajustan para formar la caja. En las figuras 74 y 75 se muestra la tapa. Los recipientes se fabrican en lotes de 5.000 a 10.000 unidades.

Método primitivo para la pintura de cajas.—El operario se situaba en pie frente a una pequeña garita, donde se efectuaba el pulverizado; con la mano derecha cogía una cubierta o un cuerpo de caja sin pintar de un depósito situado a su derecha y lo sostenía con la mano izquier-

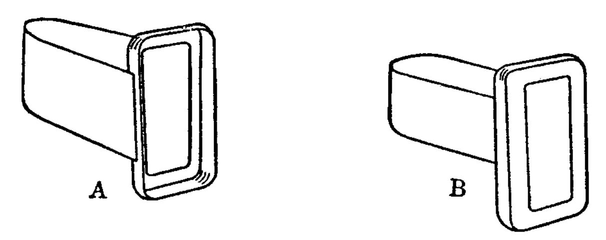


FIG. 74.—Pinzas para sostener las cubiertas y fondos de las cajas mientras se pintaban por pulverización, utilizando el método primitivo: *A*, para pintar el interior; *B*, para pintar el exterior.

da mediante la pinza reproducida en la figura 74. Después cogía con la mano derecha la pistola pulverizadora y, manteniendo la pieza dentro de la garita, la pintaba interiormente por pulverización, colocándola luego sobre una bandeja perforada. Una vez llena la bandeja (35 tapas

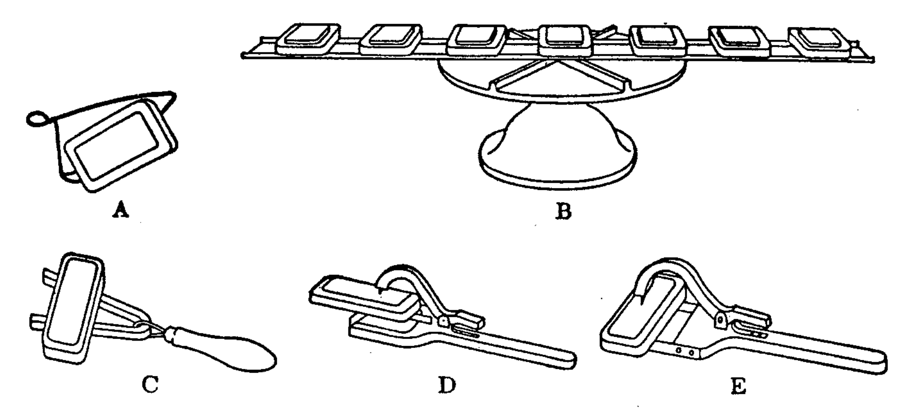


FIG. 75.—Dispositivos utilizados en la pintura por pulverización de tapas y fondos de cajas en los métodos perfeccionados: *A*, alambre de acero para inmersión en el esmalte; *B*, bandeja y mesa giratoria; *C*, imán; *D*, pinza mecánica; *E*, pinza perfeccionada, adoptada finalmente.

o fondos), se la colocaba sobre una parrilla, en tanto que una nueva bandeja vacía venía a sustituirla a la izquierda de la garita o recinto de pulverización.

Las parrillas llenas pasaban al horno situado al otro lado de la ha-

bitación, en donde se secaban las tapas o los fondos de las cajas durante hora y media. A continuación se extraían las parrillas, se dejaban enfriar y se pintaban las partes exteriores de las cajas, utilizando las pinzas *B* representadas en la figura 74. El orden de los movimientos para el pulverizado de los exteriores era similar al usado para los interiores. Se volvían a secar las piezas en el horno durante otra hora y media y, una vez sacadas y enfriadas, quedaban dispuestas para la inspección final.

Métodos perfeccionados.—Los métodos reseñados a continuación se ensayaron por el orden en que vienen indicados.

1. GANCHO DE RESORTE DE ACERO.—Era obvia la posibilidad de obtener grandes economías si se encontraba un procedimiento para que el operario pudiera pintar de una vez tanto el interior como el exterior de las tapas o cuerpos de las cajas.

Se ensayaron diversos diseños de ganchos, como los utilizados para otros tipos de recipientes, que sostenían la pieza desde el interior.

Resultados.—Se comprobó que la corriente de aire producida por la pistola arrancaba la pieza del gancho y que ganchos hechos con muelles más robustos resultaban de difícil manejo para el personal femenino. El método se descartó por poco práctico.

2. INMERSIÓN EN EL ESMALTE.—Dado que se estaban obteniendo buenos resultados para algunos productos sumergiéndolos en esmalte y secándolos luego en un horno continuo, se decidió ensayar este método con las cajas. Para ello se construyeron unos ganchos como el representado en la figura 75-A y se ensayó la inmersión.

Resultados.—Se formaba una burbuja de aire, en la esquina superior de las tapas, que impedía el contacto del esmalte con el metal. Además no escurría bien el esmalte por la esquina inferior, por lo que se descartó la inmersión de las cajas.

3. PULVERIZACIÓN EXTERIOR EN MESA GIRATORIA.—Se pintaba el interior de las tapas de las cajas por pulverización, según el método antiguo, y luego se colocaban sobre una bandeja estrecha, representada en la figura 75-B. Una vez colocadas siete tapas sobre la bandeja, se pintaban los exteriores de todas ellas y se enviaban a secar al horno.

Resultados.—El aire producido por la pistola pulverizadora empujaba las cajas fuera de las bandejas y, si estas tenían arrugas o dientes en los bordes, se desfiguraba el acabado de las cajas; por tanto, se descartó este método.

4. SUJECIÓN MAGNÉTICA.—Se utilizó un imán permanente, como el representado en la figura 75-C, para sostener la tapa de la caja, mientras el operario pintaba, en una sola operación, tanto el exterior como el interior de la misma.

Resultados.—Este método resultó satisfactorio para sujetar la tapa; pero era difícil separar del imán las piezas pintadas y dejarlas en la bandeja perforada. No se adoptó el método.

5. SUJECIÓN MECÁNICA.—Se fabricó una pinza, como la representada en la figura 75-D, en la que la tapa descansaba sobre tres cuchillas y se mantenía mecánicamente en posición mediante una punta de aguja.

Resultados.—El dispositivo era satisfactorio en cuanto que permitía pintar las piezas interior y exteriormente en una sola operación y dejarlas fácilmente sobre la bandeja perforada. No obstante, las cuchillas tendían a quitar el esmalte de los bordes de la tapa cuando esta se deslizaba hacia la bandeja.

6. SUJECIÓN MECÁNICA PERFECCIONADA.—Se construyó la pinza *E* de la figura 75, constituida por dos cuchillas paralelas, colocadas de forma que no rasgaran el esmalte al soltar las tapas una vez pintadas.

Resultados.—La pinza resultó satisfactoria y se construyeron varias de aluminio para su uso inmediato en la producción. Cada operario recibió dos pinzas, una de ellas para usarla y la otra para tenerla sumergida en disolución mientras trabajaba con la primera.

Con el uso de esta pinza se pudo apreciar la superioridad del método moderno sobre el antiguo en los puntos siguientes:

1) El operario pinta por pulverización el interior y el exterior de la tapa o cuerpo de la caja en una sola operación. Esto supone un ahorro de, aproximadamente, el 25 por 100 en mano de obra directa.
2) Las tapas y los cuerpos se secan solo una vez en lugar de dos. Esto reduce en un 50 por 100 el uso de los hornos y reduce igualmente en un 50 por 100 la mano de obra directa, por menor manipulación de parrillas y bandejas.
3) Se obtiene además un ahorro adicional, puesto que la investigación descubrió que los interiores de las tapas y los cuerpos de las cajas estaban siendo pintados con esmalte de acabado mate y los exteriores con esmalte de acabado brillante. Como no había ninguna necesidad para el empleo del acabado mate del interior y dicho esmalte era más caro que el brillante, se dispuso el empleo de este último para la totalidad de la caja. Con este solo cambio se ha ahorrado en un año más de lo que costaron los dispositivos experimentales en el trabajo de investigación.

Trabajo de limpieza.—El trabajo de limpieza representa una parte elevada de la nómina de la fábrica y de la oficina. Por ejemplo, los salarios pagados por trabajos de limpieza en la Ford Motor Company ascendieron a millones de dólares por año, con más de 5.000 personas empleadas en esta tarea. En algunas organizaciones, estos trabajos representan del 10 al 15 por 100 del total de los salarios.

Examinando esta cuestión, Lawrence A. Flagler, anteriormente de la Procter and Gamble Company, declara: "Una investigación llevada a cabo en nuestra fábrica sobre el coste de la limpieza reveló el hecho de que esta representaba en salarios uno de los mayores gastos bajo un solo epígrafe. Se comprobó que había más de setecientas personas en la Compañía encargadas de trabajos de esta clase... Estimo que en este país hay por lo menos 150.000 hombres empleados en este trabajo a jornada completa" (1).

A continuación se exponen los resultados obtenidos por una empresa de un estudio minucioso sobre métodos, útiles y equipos de limpieza, como una muestra de lo que se puede conseguir contestando a la sencilla pregunta de (véase III-1, pág. 114, "Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?" Aunque los resultados obtenidos se refieren a esta empresa concreta, muchos de ellos son básicos y tienen amplia aplicación.

El primer paso fue encontrar el mejor equipo. Como los útiles del mozo de la limpieza cuestan solo unos pocos dólares al año (menos del 0,2 por 100 del total de costes de limpieza), sería económicamente absurdo comprar cualquier otro útil que no fuera el de mayor rendimiento.

Limpieza con lampazo (*).—Este tipo de limpieza constituye una de las clases más importantes de trabajo del mozo de la limpieza. De las 700 personas dedicadas a trabajos de limpieza en la Procter and Gamble Company, 215 empleaban su jornada completa haciendo la limpieza con lampazo.

Del análisis de las operaciones realizadas en la limpieza de suelos con lampazo se desprende que los factores de mayor importancia para escoger un lampazo son los siguientes:

1) Elevada absorción para facilitar el máximo trasiego de agua en cada pasada.
2) Mínima retención de agua después de retorcido, a fin de reducir el peso muerto y sus correspondientes suplementos por mayor fatiga.
3) Forma del lampazo para lograr la máxima superficie de contacto entre este y el suelo.
4) Peso mínimo del mango y piezas de sujeción.
5) Cualidades de desgaste del lampazo.

(1) LAWRENCE A. FLAGLER: "Motion Study Applied to Factory Clean-Up", *Abstract of Papers Presented at the Management Conference.* Universidad de Iowa, *Boletín de Ampliación,* 458, pág. 9.
(*) Manojo de filásticas, que sirven para enjugar la humedad. *(N. del T.)*

Especificaciones para un lampazo.—A continuación se dan a conocer las especificaciones de los lampazos, según los resultados de las pruebas hechas en fábrica con más de cuarenta tipos diferentes.

1) Los lampazos deben ser del tipo de cinta ancha, para usarlos con mangos desmontables.
2) El lampazo debe ser de hebras de hilo largas de buena calidad y cuatro cabos, de retorcido ligero y sin hilachas ni material extraño.
3) Los cordones del lampazo deben tener una longitud de 96 a 106 cm y estar sujetos por el centro mediante una cinta de tela fuerte, de al menos 13 cm de ancho. El lampazo debe ser de 16 a 17 cm de ancho después de cosida la cinta, con tres filas de puntadas dobles como mínimo. No se ha de coser el lampazo cuando está doblado, para poder utilizar ambos lados e igualar el desgaste.
4) El peso medio del algodón seco debe ser de 666 a 694 g para el fregado y de 893 a 921 g para lampacear en seco.
5) El mango del lampazo debe ser de 1,52 m de longitud por 3 cm de diámetro y ha de tener un botón de aluminio en el extremo (2).
6) El dispositivo de sujeción del lampazo debe ser del tipo de garra o pinza, para recibir el lampazo en posición abierta y apretarlo después mediante una tuerca de mariposa. Los herrajes deben estar fabricados con material inoxidable y ligero.

La figura 76 muestra un lampazo bueno y otro malo. El de sujeción anular, en la parte derecha de la figura, es poco satisfactorio para el trabajo de la fábrica, por tener los cordones demasiado pequeños y el mango demasiado corto, además de que la sujeción anular impide apoyarlo de plano sobre el suelo.

El lampazo de sujeción recta de la parte izquierda de la figura 76 está bien proyectado. El mango es largo y, además, está provisto de un botón. Debido a la posibilidad de apoyarlo de plano sobre el suelo ofrece una superficie de contacto superior en un 30 por 100 al del lampazo de sujeción anular de igual peso. Además, se ajusta mejor el exprimidor y puede recoger un 10 por 100 más de agua, lo que permite enjugar el suelo con mayor rapidez, con menos peso muerto para el operario, y un menor número de operaciones.

Método recomendado para la limpieza con lampazo.—El método que se recomienda para la limpieza de suelos con lampazo es la pasada "de lado a lado" en lugar de la de "tirar y empujar". El mozo de la limpieza se coloca en la mitad de la longitud de la pasada, con los pies bien separados y formando un ángulo recto con la dirección de la pasada (véase Fig. 77). Coge el mango del lampazo de forma que una mano lo sujete cerca del extremo y la otra a unos 35 cm más abajo. Coloca el lampazo bien pegado al suelo y lo pasa de un lado a otro ante

(2) Cuando se lampacean superficies libres, la pasada puede alargarse de 3,73 m a 3,96 (incremento del 6,9 por 100), usando un botón al final del mango corriente.

sí, formando un arco. El arco debe ser pequeño, ya que uno amplio aumentaría grandemente el esfuerzo necesario, debido a que los brazos estarían en una posición desventajosa en cuanto a rendimiento muscular. El lampazo debe pasar delante del mozo, a unos 7 cm de sus pies. En los extremos de la pasada se vuelve el lampazo ligeramente para invertir la dirección. La fuerza centrífuga, al describir el arco, desparrama los cordones del lampazo, aumentando la superficie cubierta por la pasada. Con una periodicidad que depende de las condiciones del suelo, se da la vuelta al lampazo, a fin de conseguir una distribución igualada del agua y utilizar debidamente ambos lados del lampazo. Al aproximarse al límite de la superficie a limpiar, el mozo gira 180 grados desde su posición al final de la pasada, movimiento que debidamente efectuado no ocasionará más que una pérdida de tiempo momentánea. La longitud óptima de pasada para un mozo de mediana estatura es de 3,6 m que, con una anchura de 0,21 m, cubre una superficie de 0,756 m² por pasada.

Al planear el trabajo se debe disponer la pasada de forma que se utilice completamente. Por ejemplo, una nave de almacén de 3,45 m por 4,8 m debe limpiarse con pasadas de 3,45 m de longitud, perpendiculares a los 4,8 m de longitud. Como la mayoría de las fábricas tienen naves de almacén de dimensiones uniformes, el mozo de la limpieza puede determinar su posición de salida para utilizar la longitud

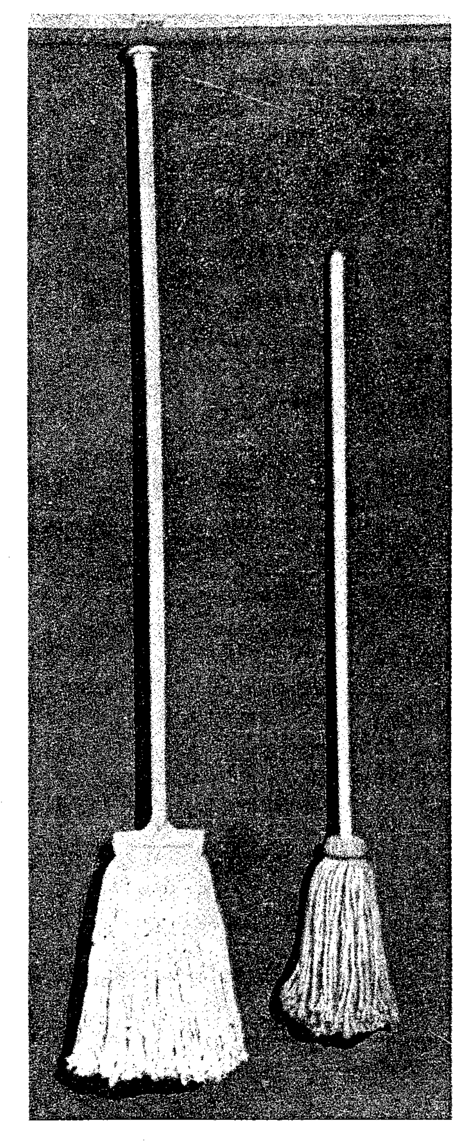
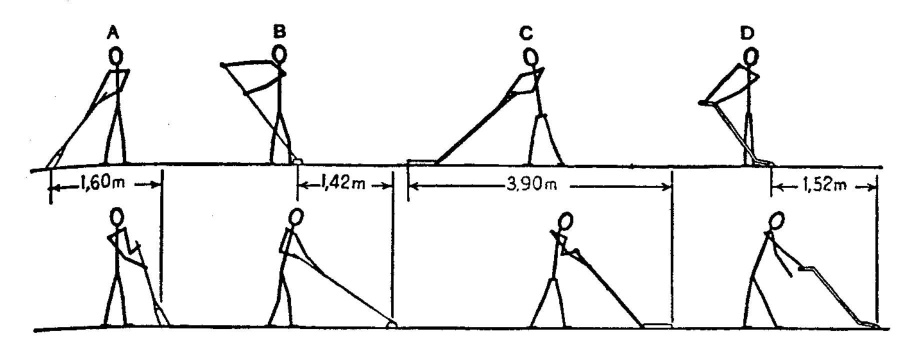


Fig. 76.—Dos tipos comunes de lampazo: *A*, a la izquierda, lampazo de sujeción recta; *B*, a la derecha lampazo de sujeción anular.

óptima de pasada. En la limpieza de pasillos, la dirección de la pasada debe ser paralela a los mismos. Por ejemplo, es posible economizar un 32 por 100 de tiempo cuando se limpia con pasadas longitudinales, y no transversales, un pasillo de 1,5 m por 36 m. Otra razón para limpiar



A. LIMPIEZA CON ESCOBA

Longitud del mango, 1,37 m.

Al principio de la pasada: hombro en posición normal, pies en posición normal y dispuestos a dar un paso hacia adelante. El brazo derecho está recto.

Al final de la pasada: el hombro ha girado 45°, la escoba acaba de pasar la vertical.

B. LIMPIEZA CON ESCOBONES

Longitud del mango, 1,73 m.

Al principio de la pasada: el hombro ha girado 45°, el brazo derecho está en la horizontal.

Al final de la pasada: hombro en posición normal, los pies están dispuestos para dar un paso hacia adelante en el movimiento de retroceso del cepillo. El brazo izquierdo está recto, formando ángulo de 45° con la vertical. La espalda ha girado 45° en la cintura.

C. LIMPIEZA CON LAMPAZO

Longitud del mango, 1,52 m.

Al principio de la pasada: el hombro ha girado 90° hacia la derecha, con el brazo derecho a 45° y a 35 cm por debajo del extremo del mango. El peso recae sobre el pie derecho y la espalda se inclina 10 cm hacia la derecha. La mano izquierda agarra el extremo del mango.

Al final de la pasada: el hombro ha girado 90° a la izquierda, con el brazo derecho a 45° y a 35 cm por debajo del extremo del mango. El peso gravita sobre el pie izquierdo y la espalda está inclinada 10 cm hacia la izquierda. La mano izquierda agarra el extremo del mango.

D. LIMPIEZA CON ASPIRADORA

Altura de la herramienta sobre el suelo, 0,73 m.

Longitud de la herramienta, 1,42 m.

Al principio de la pasada: el hombro ha girado 90°, el brazo derecho está a 45° hacia atrás y los pies están juntos.

Al final de la pasada: hombro en posición normal, el brazo derecho está a 45° hacia adelante y se ha dado un paso hacia adelante.

Fig. 77.—Descripción de los métodos recomendados para utilizar la escoba, el escobón, el lampazo y la aspiradora.

longitudinalmente los pasillos es la de reducir a un mínimo los golpes del lampazo contra los materiales almacenados.

Se pierde mucho tiempo transportando agua en cubos pequeños. Se ha ideado una carretilla especial para estos menesteres, que tiene

tres depósitos de agua limpia de 160 litros de capacidad y otro de 140 litros para el agua sucia. La temperatura del agua limpia no debe ser menor de 54 grados centígrados para que su uso sea eficaz.

Mediante el empleo de sandalias antideslizantes, el mozo de la limpieza evita mojarse los pies y se expone menos al peligro de escurrirse, lo que hace que la producción aumente en un 5 por 100.

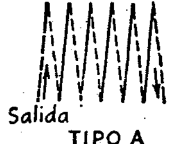
Considerando todas las mejoras introducidas en los métodos y equipo de limpieza con lampazo, la superficie por hombre-hora que se cubre en la actualidad es de 186 m^2, contra algo menos de 93 m^2 por hombre-hora que se limpiaba antes de la adopción de las mejoras.

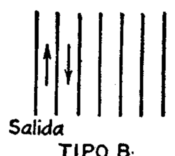
Aunque no se dispone de espacio para un análisis detallado ni para hacer las recomendaciones oportunas correspondientes a cada uno de los utensilios del mozo de limpieza, se hará una descripción breve de algunos de ellos.

Limpieza con escobones.—Los útiles y métodos más eficientes para la limpieza de suelos dependerán de diversos factores, tales como clase y cantidad de suciedad, tipo de suelo, clase y cantidad de obstáculos y grado de limpieza deseado. En general, se ha llegado a las conclusiones siguientes:

1) Para suciedad seca y ligera se recomiendan escobones de cerdas rusas.
2) Para suciedad húmeda y pesada se recomiendan escobones de fibras.
3) Según sea la cantidad de obstáculos, la anchura de los escobones variará entre 45 y 90 cm.
4) Los mangos de los escobones deben ser de 1,73 m como mínimo.
5) Las escobas de paja no deben utilizarse nunca, excepto para casos muy especiales.

Limpieza con aspiradora.—Una empresa llegó a la conclusión de que, dadas sus condiciones peculiares, el mayor rendimiento se obtenía mediante el uso de una aspiradora, con motor de gran velocidad acoplado sobre un depósito colector de polvo dotado de ruedas y con el filtro situado en el lado de descarga de la bomba. Los estudios realizados mostraron que, para las superficies con un grado medio de obstáculos, el mayor rendimiento se obtiene con una aspiradora de 30 cm de anchura. Lo mejor es un mango de aluminio con codo doble y un torniquete en el punto en que se sujeta el tubo a la aspiradora. El tipo de pasada más eficaz es la que termina haciendo girar la herramienta sobre el suelo (véase Fig. 78), en vez de cambiar bruscamente de dirección.







	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Longitud de cada pasada	150 cm	150 cm	150 cm
Anchura de cada pasada	30 cm	30 cm	30 cm
Area barrida	200 %	100 %	103 %
Area de cada pasada	0,45 m^2	0,45 m^2	0,45 m^2
Tiempo normal por pasada	0,03198 min.	0,05880 min.	0,04362 min.
Tiempo normal por m^2	0,71 min.	0,653 min.	0,606 min.

FIG. 78.—Tres tipos de movimientos en el manejo de aspiradoras. Los cálculos teóricos recogidos aquí y la experiencia en la fábrica demostraron que el tipo C era el de mayor rendimiento

Limpieza de ventanas.—En una fábrica se limpiaban las ventanas con trapos mojados, se secaban con gamuza y se abrillantaban con una tela seca. Se cambió el método por el de lavar las ventanas con una esponja mojada, secar con rodillo de goma y limpiar los bordes unidos al marco con un trapo seco. El aumento de producción fue de 316 paneles, de 33 por 25 cm, a 910 paneles del mismo tamaño en un tiempo determinado.

CAPITULO X

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

El estudio de micromovimientos es una técnica para registrar y cronometrar una actividad. Consiste en realizar una película de una operación, de forma que en las vistas aparezca un reloj, o bien hacerla con una máquina tomavistas que funcione a velocidad constante conocida. La película constituye un registro permanente, tanto del método como del tiempo, y se puede volver a examinar en cualquier momento que se desee.

Fines del estudio de micromovimientos.—Al principio, el estudio de micromovimientos se utilizaba para trabajos de análisis de tareas, pero recientemente se han encontrado nuevos usos para esta valiosa técnica. El estudio de micromovimientos puede utilizarse para los fines siguientes: en la obtención de tiempos predeterminados para normas sintéticas de tiempo; como registro permanente del método y del tiempo empleados por el operario y la máquina en la ejecución de un trabajo; en el estudio de la relación de las actividades del operario y de la máquina; en el estudio de las actividades de dos o más personas ocupadas en un trabajo de grupo; para medir operaciones (en lugar de usar el estudio de tiempos con cronómetro) y para investigar en el campo de los estudios de movimientos y tiempos.

No obstante, aun siendo de gran valor la utilización del estudio de micromovimientos para los fines arriba expresados, los dos usos más importantes son: 1.° Ayudar a encontrar el método mejor de realizar un trabajo; y 2.° Ayudar al aprendizaje de las personas para que comprendan el significado del estudio de movimientos y, cuando se lleva a cabo el aprendizaje con profundidad suficiente, permitirles llegar a aplicar debidamente los principios de economía de movimientos.

El estudio de micromovimientos en la mejora de métodos.—El estudio de micromovimientos proporciona una técnica sin igual para efectuar un análisis minucioso de una operación. Como más adelante se explicará, el procedimiento consiste en: 1) realizar la película de la operación a estudiar; 2) analizar la película; 3) hacer un gráfico de los resultados del análisis, y 4) desarrollar un método mejor aplicando los principios de economía de movimientos.

El estudio de micromovimientos se hace generalmente con cámaras cuyas velocidades están comprendidas entre 960 y 1.000 imágenes por

minuto, pero para el estudio de movimientos manuales muy rápidos o de operaciones complejas se pueden emplear cámaras de mayores velocidades. Al proyectar la película se amplían convenientemente las imágenes, con el fin de facilitar el análisis de los movimientos, pudiendo medirse cada movimiento del obrero con el grado de precisión que se desee.

Aun cuando el estudio de micromovimientos es un medio conveniente, preciso y eficaz para el estudio del trabajo, se emplea en limitada extensión en la mejora de métodos, pues, en realidad, el análisis de micromovimientos no es necesario para el estudio y mejora de la mayor parte de las operaciones. Una persona que comprenda la técnica y los principios del estudio de movimientos, puede, en la mayoría de los casos, analizar a simple vista la operación y determinar los métodos que deben emplearse, aplicando los principios de economía de movimientos. En general, puede hacerse el estudio de movimientos sin necesidad de tomar una película ni de hacer el profundo análisis que exige el estudio de micromovimientos. Este, por otra parte, aunque no sea de coste prohibitivo, requiere un equipo cinematográfico especial y considerable tiempo para el análisis. El estudio de micromovimientos tiene, usado para determinar los métodos de trabajo a emplear, un puesto en la industria, pero no tan grande como algunos mantienen. Y de sus dos aplicaciones principales, esta es la de menos valor.

El estudio de micromovimientos se debe utilizar al igual que una herramienta cualquiera, esto es, cuando resulte provechosa. Por ejemplo, se podría utilizar ventajosamente en la investigación de las operaciones de ciclo corto que se repiten mucho, o en las de carácter predominantemente manual, o bien en trabajos producidos en grandes volúmenes u operaciones ejecutadas por gran número de operarios. Estos factores, por sí solos, no determinan siempre si se debe o no realizar un estudio de micromovimientos. En realidad, un estudio de micromovimientos es, con frecuencia, el último recurso; el procedimiento que se utiliza cuando la aplicación de los principios de economía de movimientos a la tarea que se estudia no rinde los resultados apetecidos. A veces resulta difícil equilibrar el movimiento de las dos manos en una operación complicada sin el uso del diagrama de movimientos simultáneos, que no es otra cosa que la representación gráfica de los movimientos sobre el papel.

El estudio de micromovimientos en la enseñanza.—La industria ha tardado en reconocer el hecho de que el estudio de micromovimientos tiene un valor incalculable como ayuda en la comprensión del estudio de movimientos. Partiendo de la definición, la comprensión del estudio de movimientos parece muy sencilla y fácil; no obstante, hay cierta dificultad para comprender su significado verdadero y conseguir captarlo en su totalidad.

Para la persona que se dedique a estos menesteres es de importancia esencial adquirir la habilidad de detectar y seguir los movimientos utilizados por el obrero al ejecutar su tarea. Tiene que ver los movimientos realizados por la mano derecha del operario, por la mano izquierda e, incluso, advertir lo que hacen los dedos de cada mano. Ha de estar capacitado para distinguir dónde termina un movimiento y comienza el siguiente. Como afirman los Gilbreth: "...es preciso haber estudiado y medido tantos movimientos, que la vista se haya acostumbrado a seguir el camino recorrido por ellos y a juzgar sus longitudes, y que el sentido del tiempo, apoyado por una cuenta rítmica mental, permita estimar los tiempos de los movimientos con exactitud sorprendente; se han de desarrollar cuidadosamente la vista, el oído, el tacto y las sensaciones cinemáticas" (1).

El término "mente que aprecia movimientos" ha sido utilizado para describir esta habilidad de la persona que se ha acostumbrado a seguir inconscientemente los movimientos del operario y compararlos con los principios de economía de movimientos que le son familiares. El estudio de micromovimientos es de una gran ayuda para enseñar a los individuos a formarse una "mente que aprecia movimientos".

R. M. Blakelock dijo en una ocasión: "...el mayor valor del adiestramiento en micromovimientos reside en la facilidad que da para ver las operaciones industriales en función de sus movimientos..., para captar los movimientos necesarios en cada fase de una operación y reconocer cuáles de ellos son convenientes y cuáles no, más que en pensar según los términos empleados para describir las fases de la operación misma.

"La mayor parte de los observadores en los estudios de tiempos, al registrar las fases de una operación, las calibran en función de operaciones elementales, tales como "hacer un taladro", "refrentar una cara", "roblonar un extremo" o "montar la pieza 2 en la 3", sin hacer un análisis de los movimientos del operario y dedicándoles poca atención, a no ser que resulte excepcionalmente evidente que los movimientos son defectuosos" (2).

R. M. Blakelock, mientras estuvo al frente de la división de estudio de movimientos en la fábrica de Schenectady, de la General Electric Company, en contadas ocasiones halló necesario realizar un estudio de micromovimientos para determinar el método conveniente de realizar un trabajo. Aplicaba los principios de economía de movimientos sin necesidad de recurrir a la cámara tomavistas. No obstante, utilizó esta técnica en gran escala para la enseñanza de los miembros de la organización.

(1) F. B. y L. M. GILBRETH: *Applied Motion Study*, pág. 61. Sturgis and Walton. Nueva York, 1917.

(2) R. M. BLAKELOCK: "Micromotion Study Applied to the Manufacture of Small Parts", *Factory and Industrial Management*, vol. LXXX, núm. 4, páginas 730-732.

En el capítulo XXXVI se encontrará más información sobre el uso de micromovimientos en los talleres de la General Electric Company, de Fort Wayne, y en otras Compañías.

Estudio de movimientos con películas.—Si se desea una reproducción exacta del movimiento de personas y objetos, las películas deben hacerse y proyectarse a una velocidad normal. Sin embargo, para ciertos tipos de actividades, tanto de hombre como de máquina, son muy satisfactorias las películas hechas a 50 o 100 imágenes por minuto, habiéndose sugerido la expresión "estudio registrado de movimientos" (3) para designar esta forma de estudio de micromovimientos.

Los Gilbreth, empleando una cámara tomavistas accionada a mano, captaron imágenes a velocidades muy pequeñas, para estudiar actividades de grupos (4), y para el estudio del crecimiento de plantas y flores se han utilizado cámaras tomavistas accionadas por motor, que toman fotografías a intervalos regulares, habiéndose encontrado en los últimos años nuevos empleos para tan valiosa técnica. Además de sus aplicaciones en fábricas y oficinas, el estudio de movimientos con películas se usa para analizar actividades tales como la verificación de operaciones en oficinas de líneas aéreas, el comportamiento de los consumidores al seleccionar artículos en un autoservicio y el flujo de circulación en carreteras, tiendas y bancos.

La mayor ventaja de las películas a baja velocidad sobre las normales es el gran ahorro en el coste de la película y en el tiempo necesario para su análisis. Exponiendo la película a 50 imágenes por minuto, en vez de a 960, el coste es aproximadamente un 6 por 100.

(3) M. E. MUNDEL: *Motion and Time Study*, 2.ª ed., pág. 287. Prentice Hall, Inc. Nueva York, 1955.

(4) "Se han criticado nuestros métodos y dispositivos en el sentido de que se adaptan especialmente a problemas relacionados con el estudio minucioso de los movimientos, pero son demasiado costosos para los objetivos generales del estudio de tiempos. Si nos detenemos a pensar en ello, veremos que una vuelta de manivela de la cámara se puede dar tan lentamente como lo exija el caso particular del estudio de tiempos que nos ocupa, y, efectivamente, hemos hecho películas a la velocidad de una imagen cada 10 minutos. A 50 imágenes por metro un metro durará 150 minutos, o sea 2 horas y 30 minutos, con un coste máximo total de 6 centavos." (De *Fatigue Study*, de FRANK GILBRETH, pág. 126. Sturgis and Watson Co. Nueva York, 1916.)

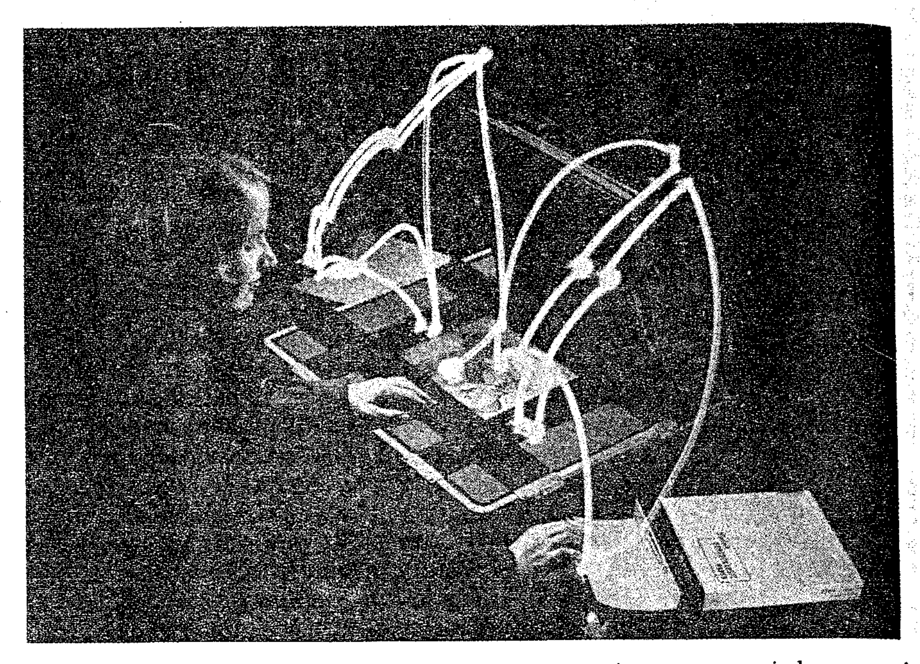


Fig. 79.—Movimientos necesarios para hacer una copia con un copiador manual.

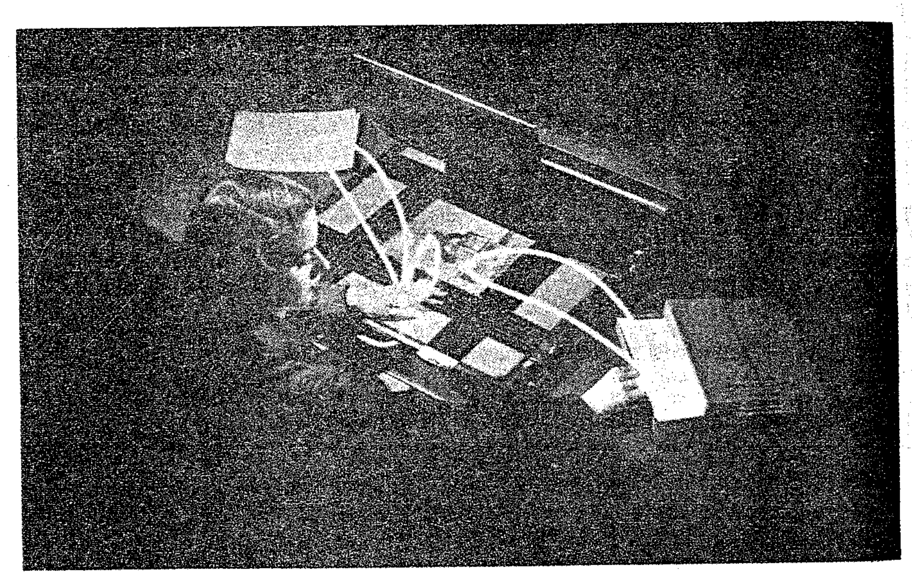


Fig. 80.—Movimientos necesarios para hacer una copia con un copiador mecánico de diseño perfeccionado.

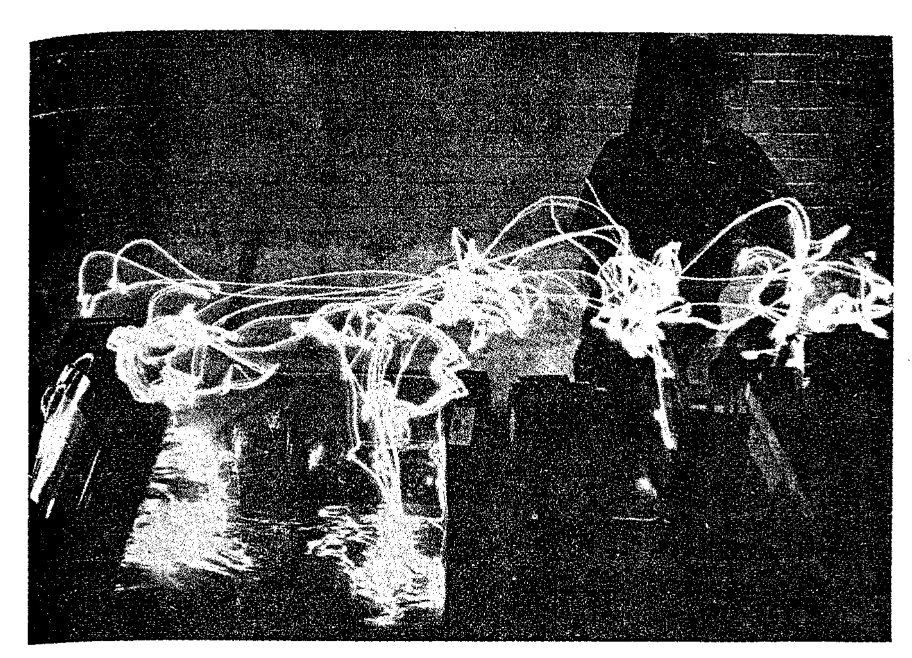


Fig. 81.—Movimientos necesarios para envolver rollos de celofán (método antiguo).



Fig. 82.—Movimientos necesarios para envolver rollos de celofán (método mejorado).

ANALISIS CICLOGRAFICO Y CRONOCICLOGRAFICO

En la página 16 se han descrito los métodos de análisis ciclográfico y cronociclográfico desarrollados y empleados por los Gilbreth. Estas técnicas han tenido en Estados Unidos un uso limitado como medio de mejora de métodos, aunque han sido mejor acogidas en Gran Bretaña (5). Hemos utilizado el ciclógrafo con alguna extensión para fines de enseñanza, como ayuda en la descripción de un sistema de movimientos empleado para realizar una tarea (6) y para hacer resaltar la superioridad de un método o sistema de movimientos sobre otro.

El copiador mecánico adoptado por la Eastman Kodak Company y representado en la figura 80 exige muchos menos movimientos que el copiador a mano que se ve en la figura 79. Ambas ilustraciones se incluyeron en el informe anual de esta empresa, bajo el título "Un producto mejor, como consecuencia de un estudio del trabajo".

Las figuras 81 y 82 muestran el método primitivo y el mejorado, para empaquetar rollos de celofán. Anteriormente, los rollos se envolvían en dos capas de celofán y se colocaban en una caja interior y ésta en otra exterior; a continuación el paquete, de 23,5 Kg. de peso, se elevaba a una bandeja para su expedición. El método representado en la figura 82 se ha simplificado mucho, como indica el gráfico de movimientos. Actualmente los rollos se envuelven en una capa de celofán y se expiden sobre una bandeja que se carga con ayuda de un pequeño elevador. Estas dos figuras pertenecen a una publicación reciente, *This is Du Pont*, de la E. I. du Pont Company. Bajo el título "La tecnología moderna promueve nuevos avances", se expone lo siguiente:

> La comparación de las fotografías (Figs. 81 y 82) muestra una sencilla mejora en el método de realizar una tarea diaria. En Du Pont se efectúan centenares de ellas cada año. La suma de las mejoras introducidas en ellas constituye una parte tan significativa de la tecnología moderna como el descubrimiento de un nuevo producto, el desarrollo de un nuevo proceso o la creación de nuevas, costosas y complicadas herramientas.
>
> Cuando el empaquetador Irvin Coleman manipula celofán con mayor facilidad y rapidez, puede realizar más tarea en la jornada. Esto es lo que llaman los economistas "aumento de productividad". Y no hay elemento más importante en el crecimiento de la economía industrial de América que el aumento regular de la productividad individual debido a los perfeccionamientos tecnológicos.
>
> Cuando una persona que trabaja en la industria produce más en menos tiempo, suceden tres cosas: baja el coste del producto, facilitando su adquisición a mayor número de personas; el obrero no tiene que trabajar tanto para fabricar ese producto, con lo que a la vez reduce su jornada y eleva su salario; por último, como la nación, que es la suma de sus habitantes, produce más, se eleva su nivel de vida.

(5) A. G. SHAW: *The Purpose and Practice of Motion Study*, págs. 62-85, Harlequin Press Co. Londres, 1952.

(6) G. E. CLARK: "A Chronocyclegraph That Will Help You Improve Methods", *Factory Management and Maintenance*, vol. 112, núm. 5, págs. 124-25, mayo 1954. Véase también "Catching Waste Motions with the Camera", *Supervisory Management*, vol. 1, núm. 1, págs. 53-56, diciembre 1955.

CAPITULO XI

MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES DE LAS MANOS

La mayor parte de los trabajos se realizan con las dos manos y todo trabajo manual está constituido por unos movimientos fundamentales relativamente escasos, que se repiten una y otra vez. *Coger* y *colocar* son dos de los grupos de movimientos utilizados más frecuentemente. Las más de las veces, *coger* va seguido de algún elemento de uso o proceso, tal como golpear con un martillo, usar una llave para apretar un perno o escribir con una pluma. Para usar una pluma estilográfica, el orden de los movimientos sería *coger* la pluma, escribir, esto es, *utilizar* la pluma, *colocar* la pluma en su soporte. Aunque *coger* y *colocar* representan dos grupos de movimientos muy comunes, no son movimientos fundamentales en sí.

Frank B. Gilbreth, en sus primeros trabajos sobre el estudio de movimientos, ideó ciertas subdivisiones o hechos, que supuso comunes a toda clase de trabajos manuales. Formó la palabra *therblig* (Gilbreth, al revés) para tener un vocablo con el cual referirse a cualquiera de estas diecisiete subdivisiones elementales de un ciclo de movimientos (1). Aunque estos diecisiete *therbligs* no son todos ellos elementos fundamentales puros, en el sentido de que no puedan ser subdivididos ulteriormente, constituyen la mejor clasificación de movimientos de manos con que contamos. Un analista experimentado no tiene dificultad alguna en usar los *therbligs* en las aplicaciones industriales.

La palabra *therblig* es de uso más conveniente que la de "movimiento de mano" o "elemento de movimiento" y posiblemente tenga un significado más preciso que la palabra "movimiento". Pero aunque la palabra *therblig* es de uso general entre los ingenieros de la producción, es preferible usar "movimiento" o "movimientos de las manos" cuando se hable del tema con personal de fábrica y oficina. Las palabras poco comunes y los símbolos (tales como los símbolos nemotécnicos de los *therbligs*) pueden constituir un obstáculo en el programa de instrucción y deben evitarse siempre que se pueda.

En la figura 83 se muestran los diecisiete movimientos fundamentales de las manos, junto con sus símbolos alfabéticos, los nemotécnicos y sus colores representativos (2). En las páginas siguientes se dan las definiciones de estos movimientos.

(1) F. B. y L. M. GILBRETH: "Classifying the Elements of Work", *Management and Administration*, vol. VIII, núm. 2, pág. 151, agosto 1924.

(2) Se incluyen los símbolos de color, a fin de indicar el color en los dia-

Nombre del símbolo	Símbolo del Therblig		Explicación sugerida por	Color	Símbolo del color	Nº del lápiz "Dixon"	Nº del lápiz "Eagle"
Buscar	B		Un ojo girando en busca de algo	Negro		331	747
Seleccionar	S	→	Dirigirse al objeto	Gris claro		399	734½
Coger	C		Una mano abierta para asir el objeto	Rojo claro		369	744
Transporte en vacío	TV		Una mano vacía	Verde oliva		391	739½
Transporte con carga	TC		Una mano llevando algo	Verde		375	738
Sostener	So		Un imán sosteniendo una barra de hierro	Ocre dorado		388	736½
Dejar la carga	Dc		Dejar caer el objeto que se lleva en la mano	Rojo carmín		370	745
Poner en posición	PP	9	Un objeto colocado con la mano	Azul		376	741
Dejar en posición	DP		Las piezas de los juegos de bolos que se colocan antes de tirar	Azul cielo		394	740½
Inspeccionar	I	0	Una lente de aumento	Ocre tostado		398	745½
Montar	M	#	Diversas cosas montadas	Violeta oscuro		377	742
Desmontar	D	++	Una parte del conjunto quitada	Violeta claro		377	742
Utilizar	U	U	Primera letra de "Utilizar"	Morado		396	742½
Espera inevitable	EI		Un hombre caído hacia adelante, involuntariamente	Ocre amarillo		373	736
Espera evitable	EE		Un hombre acostado voluntariamente sobre su trabajo	Amarillo limón		374	735
Planear	Pl		Un hombre con el dedo en la frente pensando	Marrón		378	746
Descanso para superar la fatiga	DF		Un hombre sentado para descansar	Naranja		372	737

FIG. 83.—Símbolos y colores normalizados para los movimientos fundamentales de las manos.

Definición de los movimientos fundamentales de las manos

1. BUSCAR (B)

Buscar alude a esa parte del ciclo durante la cual los ojos giran o las manos palpan en torno hasta dar con el objeto. La búsqueda se

gramas de movimientos simultáneos de este libro. Estos símbolos de color *no* se deben usar en la construcción real de los diagramas de movimientos simultáneos, sustituyéndolos por lápices de colores.

inicia cuando los ojos o manos comienzan dichos movimientos y termina cuando se ha encontrado el objeto.

La lista original de los movimientos de Gilbreth contenía el therblig *encontrar*. No obstante, ya que el encontrar sucede al final del therblig buscar y es más bien una reacción mental que un movimiento físico, se utiliza poco en el análisis de micromovimientos. Por consiguiente, aquí se omite en la lista de movimientos fundamentales de las manos.

2. SELECCIONAR (S)

Seleccionar es escoger un objeto entre varios. En muchos casos resulta difícil, si no imposible, determinar dónde está el límite entre buscar y seleccionar. Por esta razón, en la práctica se combinan ambos y se consideran incluidos en el therblig *seleccionar*.

Usando esta definición más amplia, *seleccionar* se refiere entonces a buscar y localizar un objeto entre varios. Seleccionar comienza, por consiguiente, cuando los ojos o manos inician la búsqueda del objeto y termina cuando el objeto deseado ha sido localizado.

Ejemplo.—Localizar un lápiz determinado en una caja que contiene lápices, plumas y artículos varios.

3. COGER (C)

Coger significa asir un objeto cerrando los dedos a su alrededor, movimiento preparatorio para elevarlo, sostenerlo o manejarlo. Comienza cuando la mano o los dedos entran en contacto con el objeto, y termina cuando la mano lo controla.

Ejemplo.—Cerrar los dedos alrededor de la pluma.

4. TRANSPORTE EN VACÍO (TV)

Transporte en vacío es el movimiento de la mano vacía cuando se dirige hacia un objeto. Se supone que la mano se mueve sin resistencia hacia o en dirección opuesta al objeto. El transporte en vacío comienza cuando la mano empieza a moverse sin carga o resistencia y termina cuando la mano se para.

Ejemplo.—Mover la mano vacía para coger una pluma del escritorio.

5. TRANSPORTE CON CARGA (TC)

El *transporte con carga* es el movimiento de la mano llevando un objeto de un lugar a otro. El objeto puede ser transportado por las manos o dedos, o puede ser movido de un lugar a otro deslizándolo, tirando de él o empujándolo. El transporte con carga incluye también el movimiento de la mano vacía contra una resistencia. El transporte con carga se inicia cuando la mano empieza a mover un objeto o a encontrar una resistencia y termina cuando la mano se para.

Ejemplo.—Llevar la pluma desde su soporte en el escritorio a la carta que se ha de firmar.

6. SOSTENER (So)

Sostener indica que se retiene un objeto después de haberlo cogido, sin que tenga lugar ningún movimiento del mismo (3). Sostener comienza cuando cesa el movimiento del objeto y termina con el comienzo del therblig siguiente.

Ejemplo.—Sostener un perno con una mano mientras se le monta una arandela con la otra.

7. DEJAR LA CARGA (DC)

Dejar la carga es soltar el objeto. Empieza cuando el objeto comienza a dejar la mano y termina cuando el objeto se ha separado totalmente de ella.

Ejemplo.—Soltar una pluma después de colocada sobre el escritorio.

8. PONER EN POSICIÓN (PP)

Poner en posición o *posicionar* consiste en girar o situar un objeto de forma que quede debidamente orientado para ajustar en el lugar que le corresponde. Es posible poner en posición un objeto durante el movimiento *transporte con carga.* Por ejemplo, el carpintero puede poner en posición adecuada un clavo mientras lo transporta desde la caja hasta la tabla en que va a clavarlo. El therblig comienza cuando la mano empieza a girar o situar el objeto y termina cuando el objeto ha sido colocado en la posición o situación deseada.

Ejemplo.—Alinear una llave de una puerta previamente a su inserción en el agujero de la cerradura.

9. DEJAR EN POSICIÓN (DP)

Dejar en posición o *posición previa* consiste en dejar un objeto en un sitio previamente determinado o situarlo en la posición correcta para algún movimiento posterior. Dejar en posición es lo mismo que *poner en posición,* excepto en que el objeto queda colocado aproximadamente en la posición en que se le necesitará después. Por lo general, se emplea un apoyo, brazo o depósito especial para sostener el objeto de forma que permita cogerlo con facilidad en la posición en que ha de ser utilizado. *Dejar en posición* es la expresión abreviada de *dejar en posición para la operación siguiente.*

Ejemplo.—Situar o alinear la pluma sobre su soporte de escritorio

(3) Gilbreth no clasificó sostener como un therblig separado, ya que lo consideraba como una forma de coger.

antes de soltarla. (Entonces la pluma puede ser cogida aproximadamente en la posición correcta para escribir. Esto elimina el therblig *poner en posición* que sería necesario para situar la pluma en la posición correcta para escribir si, al cogerla, estuviera descansando sobre el escritorio.)

10. INSPECCIONAR (I)

Inspeccionar consiste en examinar un objeto para determinar si está de acuerdo o no con las normas de tamaño, forma, color u otras cualidades previamente determinadas. La inspección puede emplear la vista, el oído, el tacto, el olor o el gusto. La inspección es, sobre todo, una reacción mental y puede presentarse simultáneamente con otros therbligs. Inspeccionar comienza cuando los ojos u otra parte del cuerpo empiezan a examinar el objeto y termina cuando el examen ha quedado completo.

Ejemplo.—Examen visual de los botones de perlas en la operación final de eliminar el producto malo o defectuoso.

11. MONTAR (M)

Montar es colocar un objeto dentro o sobre otro con el cual forma un todo. Comienza cuando la mano empieza a trasladar la pieza a su sitio en el montaje y termina cuando la mano completa el montaje.

Ejemplo.—Colocar la capucha a un lápiz automático.

12. DESMONTAR (D)

Desmontar significa separar un objeto de otro del cual forma parte integrante. Comienza cuando la mano empieza a sacar una pieza del montaje y termina cuando la ha separado totalmente del resto.

Ejemplo.—Sacar la capucha de un lápiz automático.

13. UTILIZAR (U)

Utilizar consiste en manipular una herramienta, dispositivo o pieza de una máquina con el fin para el que fueron fabricados. Puede referirse a un número casi infinito de casos particulares. Representa el movimiento para el cual han sido más o menos preparatorios los movimientos precedentes, y los siguientes son complementarios. Empieza cuando la mano comienza a manipular la herramienta o dispositivo y termina cuando la mano deja de hacerlo.

Ejemplo.—Firmar y rubricar una carta (utilizar pluma) o pintar un objeto con pistolete (utilizar pistolete).

14. ESPERA INEVITABLE (EI)

Espera inevitable es un retraso que está fuera del control del operario. La espera inevitable puede provenir de cualquiera de las causas siguientes:

A) Un fallo o interrupción en el proceso.
B) Una pausa producida por una condición de la operación que impide el trabajo de una parte del cuerpo mientras trabajan los otros miembros del mismo.

La espera inevitable comienza cuando se para la actividad de la mano y termina con la reanudación de la actividad.

Ejemplo.—Si la mano izquierda hace un movimiento largo de transporte hacia la izquierda, mientras la mano derecha realiza un movimiento corto de transporte a la derecha, se producirá una espera inevitable al final del movimiento de la mano derecha, para equilibrar las dos manos.

15. ESPERA EVITABLE (EE)

Espera evitable es cualquier retraso del operario del cual sea responsable y sobre el cual tenga control, es decir, cualquier retraso que pueda evitar si lo desea.

La espera evitable comienza cuando el orden de movimientos prescrito se interrumpe y termina cuando se reanuda el método normal de trabajo.

Ejemplo.—El operario detiene todos los movimientos de sus manos.

16. PLANEAR (Pl)

Planear indica la reacción mental que precede al movimiento físico, esto es, la de decidir cómo ha de continuar su trabajo. Comienza en el momento en que el operario empieza a reflexionar sobre la fase siguiente de la operación y termina cuando ha determinado el procedimiento a seguir.

Ejemplo.—Un operario que está dedicado a montar un mecanismo complicado y que decide qué pieza es la que va a colocar a continuación.

17. DESCANSO PARA SUPERAR LA FATIGA (DF)

Descanso para superar la fatiga es el factor o suplemento de fatiga o espera previsto para permitir al operario recuperarse de la fatiga que le ha producido. El descanso empieza cuando el operario interrumpe su trabajo y termina cuando lo reanuda.

Movimientos realizados para firmar una carta.—Es relativamente fácil aprender los nombres de estos movimientos fundamentales. Así, por ejemplo, al firmar una carta, el orden de los movimientos es el siguiente: *transporte en vacío* (dirigirse hacia la pluma), *coger* (tomar la pluma de su soporte), *transporte con carga* (trasladar la pluma hasta el papel), *poner en posición* (colocar la pluma en posición adecuada

MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES REALIZADOS PARA FIRMAR UNA CARTA

Movimientos de la mano derecha

	Nombre y definición del movimiento	Símbolo	Descripción del movimiento	Ilustración
1	TRANSPORTE EN VACIO («El transporte en vacío» consiste en el movimiento de una mano vacía hasta llegar a un objeto. Se supone que la mano no encuentra resistencia en su movimiento hacia o desde el objeto. El transporte en vacío se inicia cuando la mano empieza a moverse y termina cuando se detiene.)	TV	Se dirige hacia la pluma.	
2	COGER («Coger» equivale a asir un objeto cerrando los dedos en torno a él. Es el movimiento preparatorio para alzarlo, sostenerlo o manejarlo; comienza cuando la mano o los dedos toman contacto con el objeto y termina cuando han logrado controlarlo.	C	Toma la pluma cerrando el dedo pulgar y los demás dedos alrededor de ella	
3	TRANSPORTE CON CARGA («Transporte con carga» equivale a cambiar de sitio un objeto. El transporte puede **hacerse** por medio de los dedos, de las manos o deslizando, arrastrando o empujando el objeto. Este tipo de transporte incluye el caso en que la mano vacía se mueve contra una resistencia. El transporte con carga comienza cuando la mano empieza a mover el objeto o a encontrar la resistencia y termina cuando la mano cesa de moverse.)	TC	Traslada la pluma hasta el papel.	

FIG. 84.

Movimientos de la mano derecha

	Nombre y definición del movimiento	Símbolo	Descripción del movimiento	Ilustración
1	TRANSPORTE EN VACIO («El transporte en vacío» consiste en el movimiento de una mano vacía hasta llegar a un objeto. Se supone que la mano no encuentra resistencia en su movimiento hacia o desde el objeto. El transporte en vacío se inicia cuando la mano empieza a moverse y termina cuando se detiene.)	TV	Se dirige hacia la pluma.	
2	COGER («Coger» equivale a asir un objeto cerrando los dedos en torno a él. Es el movimiento preparatorio para alzarlo, sostenerlo o manejarlo; comienza cuando la mano o los dedos toman contacto con el objeto y termina cuando han logrado controlarlo.	C	Toma la pluma cerrando el dedo pulgar y los demás dedos alrededor de ella	
3	TRANSPORTE CON CARGA («Transporte con carga» equivale a cambiar de sitio un objeto. El transporte puede **hacerse** por medio de los dedos, de las manos o deslizando, arrastrando o empujando el objeto. Este tipo de transporte incluye el caso en que la mano vacía se mueve contra una resistencia. El transporte con carga comienza cuando la mano empieza a mover el objeto o a encontrar la resistencia y termina cuando la mano cesa de moverse.)	TC	Traslada la pluma hasta el papel.	

FIG. 84.

	Nombre y definición del movimiento	Símbolo	Descripción del movimiento	Ilustración
4	PONER EN POSICION (« Poner en posición » consiste en girar o situar un objeto de forma que quede debidamente orientado para ajustar en el lugar que le corresponde. Es posible poner en posición un objeto durante el movimiento transporte con carga. Por ejemplo, el carpintero puede poner en posición adecuada un clavo mientras lo transporta desde la caja hasta la tabla en que va a clavarlo. Este therblig comienza cuando la mano empieza a girar o situar el objeto y termina cuando éste ha sido colocado en la posición o situación deseada.)	PP	Coloca la pluma en posición adecuada para escribir.	
5	UTILIZAR (« Utilizar » consiste en manipular una herramienta, dispositivo o pieza de una máquina con el fin para el que fueron fabricados. Puede referirse a un número casi infinito de casos particulares. Representa el movimiento para el cual han sido más o menos preparatorios los movimientos precedentes y los siguientes son complementarios. Empieza cuando la mano comienza a manipular la herramienta o dispositivo y termina cuando la mano deja de hacerlo.)	U	Firma la carta.	
6	TRANSPORTE CON CARGA	TC	Vuelve la pluma a su soporte	

Fig. 84.—*(Continuación.)*

	Nombre y definición del movimiento	Símbolo	Descripción del movimiento	Ilustración
7	DEJAR EN POSICION (« Dejar en posición » consiste en dejar un objeto en un sitio previamente determinado o situarlo en la posición correcta para algún movimiento posterior. Dejar en posición es lo mismo que poner en posición, excepto en que el objeto queda colocado aproximadamente en la posición en que se le necesitará después. Por lo general se emplea un apoyo, brazo o depósito especial para sostener el objeto de forma que permita cogerlo con facilidad en la posición en que ha de ser utilizado. Dejar en posición es la expresión abreviada de dejar en posición para la operación siguiente.)	DP	Coloca la pluma en posición adecuada sobre su soporte.	
8	DEJAR LA CARGA (« Dejar la carga » equivale a soltar el objeto. Empieza cuando el objeto comienza a dejar la mano y termina cuando se ha separado totalmente de ella.)	DC	Deja la pluma.	
9	TRANSPORTE EN VACIO	TV	Se dirige nuevamente hacia el papel.	

Fig. 84.—*(Conclusión.)*

para escribir), *utilizar* (firmar la carta), *transporte con carga* (trasladar la pluma hasta su soporte), *dejar en posición* (poner la pluma en su soporte), *dejar la carga* (soltar la pluma) y *transporte en vacío* (volver la mano al papel). Estos movimientos se definen y representan exactamente en la figura 84.

Movimientos empleados para quitar la capucha de un lápiz automático.—A fin de proporcionar una mayor comprensión de los movimientos fundamentales, la figura 85 muestra los movimientos necesarios para coger un lápiz automático colocado en una caja, quitarle la capucha y comprobar si es necesario cambiarle la goma de que va provisto.

Hay que hacer observar en este caso que, en los movimientos de la mano izquierda, figura una *selección,* que sigue al transporte en vacío y precede al acto de coger y que se refiere a la elección de un objeto entre otros varios. Tomar la pluma de su soporte no exigió ninguna selección (véase la página 109, puesto que solo había una pluma. Pero en este segundo caso, al estar colocado el lápiz en una bandeja que contiene varios, es preciso *seleccionar* entre ellos el lápiz deseado.

Tablero de clavijas.—La mayoría de la gente, al observar a otra persona dedicada a su trabajo, se fija más en los materiales y herramientas que maneja que en los movimientos que realiza para llevar a cabo su tarea. Después de conseguir una "mente que aprecia movimientos", esto es, después de aprender la clasificación de los movimientos de las manos, la situación cambia por completo. Entonces, el observador se da cuenta de los movimientos realizados por la mano derecha y por la izquierda para proceder acto seguido a utilizar aquellos movimientos que resulten fáciles y eficaces y descartar los movimientos torpes, fatigosos e ineficaces. Las personas que más labor realizan no son necesariamente las que más trabajan, sino las que utilizan de forma adecuada cada movimiento, las que usan buenos métodos de trabajo. No estamos interesados en la velocidad, sino en obtener más trabajo de calidad a expensas de un gasto menor de energía. La velocidad excesiva no es un sustituto de los buenos métodos de trabajo.

Para ilustrar lo que significa obtener un método mejor por medio del análisis de movimientos de las manos y la aplicación de los principios de economía de movimientos, vamos a considerar la tarea de llenar de clavijas de madera un tablero que posee treinta agujeros. Como puede verse en la figura 86, el tablero consta de cinco filas de seis agujeros cada una. Las clavijas son rectas por un extremo y terminadas en punta roma, como las balas, por el otro. La tarea consiste en llenar de clavijas el tablero lo más rápidamente posible, introduciéndolas en los agujeros por la punta en forma de bala.

De cien personas, noventa y cinco llenarían el tablero utilizando

Movimientos de la mano izquierda			Movimientos de la mano derecha		
Ilustración	Nombre del movimiento	Símbolo	Símbolo	Nombre del movimiento	Ilustración

Movimientos de la mano izquierda			Movimientos de la mano derecha		
Ilustración	Nombre del movimiento	Símbolo	Símbolo	Nombre del movimiento	Ilustración
	TRANSPORTE EN VACIO Se dirige hacia el lápiz situado en la caja.	TV	EI	ESPERA INEVITABLE La mano derecha está inactiva, puesto que no tiene nada que hacer. Por ello a esta espera se le llama inevitable.	
	SELECCIONAR Escoge el lápiz automático de entre los demás que contiene la caja. Los ojos ayudan a la mano en la busca y selección del lápiz automático.	S			
	COGER Cierra los demás dedos alrededor del lápiz.	C			
	TRANSPORTE CON CARGA Traslada el lápiz desde la caja hasta ponerlo en posición vertical frente al cuerpo. Tambien: **PONER EN POSICION.** (durante el transporte). El lápiz, que estaba colocado horizontalmente cuando fué cogido se coloca en posición vertical durante el traslado.	TC PP	TV	TRANSPORTE EN VACIO Movimiento de la mano derecha vacia hasta la capucha del lápiz.	
	SOSTENER La mano izquierda sostiene el lápiz mientras la derecha quita la capucha, la vista comprueba el estado de la goma y la mano derecha vuelve a poner la capucha	So	C	COGER Cierra los dedos alrededor de la capucha del lápiz.	
			D	DESMONTAR La mano derecha separa la capucha del resto del lápiz.	
			I	INSPECCIONAR La vista comprueba si es necesario cambiar la goma que lleva el lápiz. Nótese que los ojos realizan la comprobación y que ambas manos sostienen parte del lápiz durante este intervalo.	
			M	MONTAR La mano derecha coloca la capucha sobre la parte superior del lápiz.	

FIG. 85.—Movimientos empleados para quitar la capucha de un lápiz automático y comprobar si es necesario renovar la goma de que va provisto.

el método representado en la figura 86. La mano izquierda coge un puñado de clavijas de la caja y lo sostiene, mientras la mano derecha coge una por una las clavijas de la mano izquierda y las coloca en el tablero. Obsérvese que la mano derecha trabaja eficazmente en la ejecución de la tarea deseada, esto es, llenando de clavijas el tablero; pero la mano izquierda hace muy poco trabajo productivo, pues la mayor parte del tiempo está sosteniendo las clavijas.

Si ambas manos trabajaran simultáneamente cogiendo y colocando las clavijas en los agujeros, los esfuerzos del operario obtendrían un rendimiento mucho mayor. Incidentalmente estamos aplicando en este momento uno de los "principios de economía de movimientos", que examinaremos más adelante.

Siguiendo el método perfeccionado (fig. 87), no hay duda alguna de que se elimina el *therblig* "sostener" de la mano izquierda, permitiéndola dedicarse a movimientos útiles, como la derecha. Ambas manos trabajan de forma simétrica, cogiendo las clavijas y colocándolas en los agujeros del tablero.

Resultados.—Por el método de una sola mano se necesitan 0,62 minutos para llenar el tablero, mientras que por el de las dos manos solo se requieren 0,41 minutos, lo que representa una economía del 34 por 100.

En la figura 88 se muestran los movimientos fundamentales de la mano izquierda para cubrir el tablero de clavijas.

El tablero de clavijas como medio de enseñanza.—Puede emplearse con fines didácticos, al tratar el tema del estudio de movimientos ante un individuo o un grupo. A cada persona se le permitirá probar varios métodos de llenar el tablero, haciéndole cronometrar por sí mismo el tiempo que tarda con cada uno. Resulta muy convincente descubrir la existencia de un método más fácil y más rápido que el corriente de llenar el tablero con una sola mano. En la figura 360 pueden verse las especificaciones para el tablero y las clavijas.

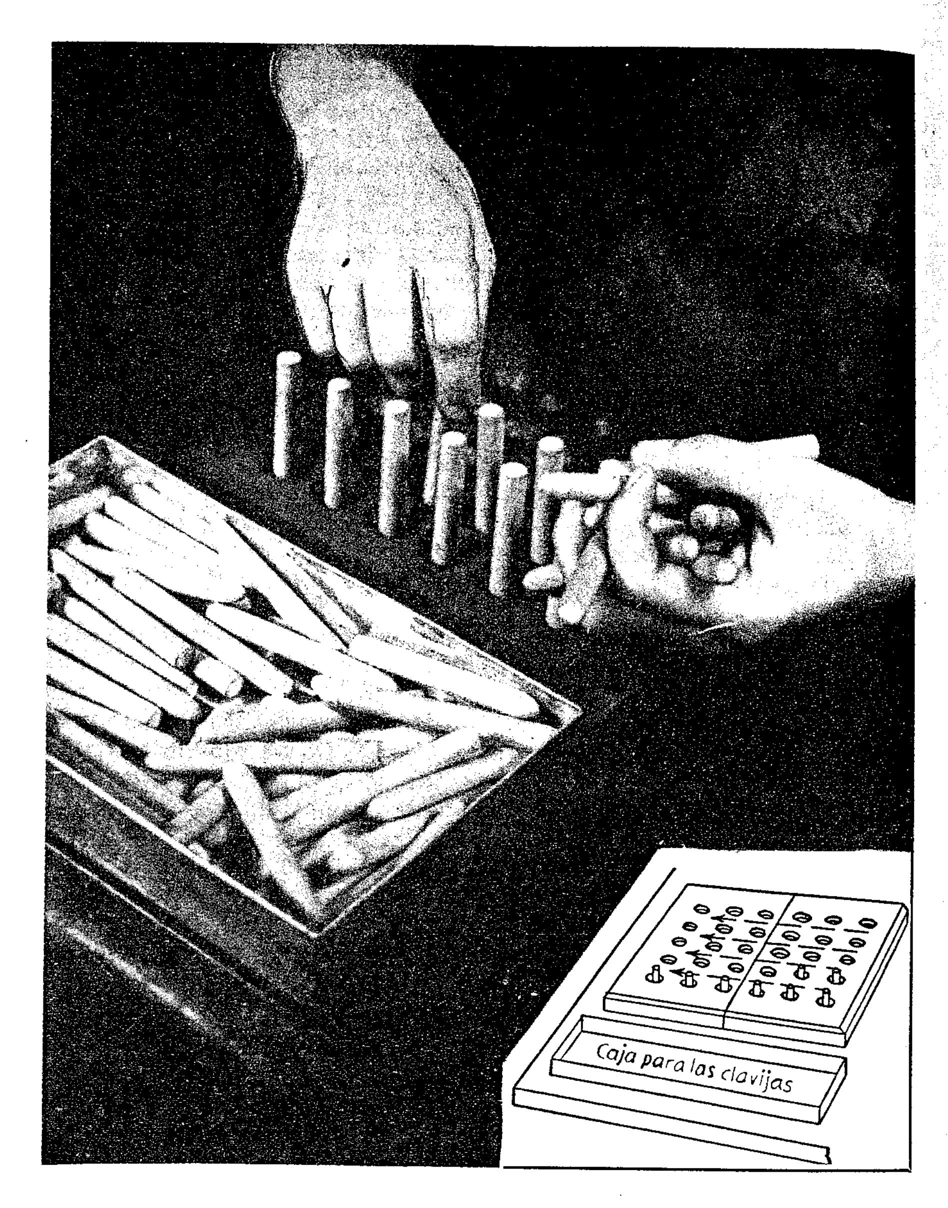


FIG. 86.—Colocación de clavijas en el tablero utilizando una sola mano. La izquierda *sostiene* las clavijas, mientras la derecha realiza el trabajo productivo. Se tardan 0,62 minutos en rellenar el tablero.



FIG. 87.—Colocación de clavijas en el tablero utilizando simultáneamente ambas manos. Con este método se tardan 0,41 minutos en rellenar el tablero.

MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES UTILIZADOS PARA RELLENAR UN TABLERO CON CLAVIJAS

El operario realiza movimientos simultáneos y simétricos con ambas manos para rellenar el tablero con clavijas (véase fig. 87). Puesto que los movimientos de ambas manos son los mismos, se han descrito e ilustrado solamente los de la mano izquierda

Ilustración	Nombre del movimiento	Símbolo
	TRANSPORTE EN VACIO Se dirije a coger la clavija	TV
	SELECCIONAR Escoge una clavija entre las muchas que contiene la caja. Los ojos ayudan a la mano en la búsqueda de la clavija. Esta búsqueda y la elección de una determinada clavija se denominan "selección".	S
	COGER Cierra los dedos sobre la clavija elegida.	C

FIG. 88.

(Continuación)

Ilustración	Nombre del movimiento	Símbolo
	TRANSPORTE CON CARGA Traslada la clavija desde la caja al agujero donde habrá de insertarse; también: PONER EN POSICION (durante el traslado) La clavija queda en posición vertical mientras es transportada hasta el tablero.	TC PP
	PONER EN POSICION La clavija se coloca exactamente sobre el agujero en el cual va a insertarse.	PP
	MONTAR Se inserta la clavija en el agujero correspondiente del tablero.	M
	DEJAR LA CARGA Los dedos se abren y dejan la clavija en el agujero.	DC

FIG. 88.—*(Continuación.)*

CAPITULO XII

EQUIPO PARA ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y MICROMOVIMIENTOS

La parte más importante del equipo utilizado en los trabajos de estudios de movimientos y micromovimientos es, quizá, la cámara tomavistas.

Las primeras eran accionadas a mano, con película de 35 mm. Las cámaras se montaban sobre un trípode y podían tomar o bien exposiciones sencillas o películas a velocidades variables: hasta cien vistas por segundo, e incluso más.

En la actualidad, la cámara tomavistas profesional, con película de 35 mm, ha dado paso a la de aficionado, que utiliza película de 16 mm o de 8 mm. Aunque el equipo de 8 mm ha sido utilizado para los trabajos del estudio de movimientos, existe una clara tendencia hacia la normalización del equipo de 16 mm.

En la figura 89 se representan seis cámaras tomavistas de distintas velocidades. Como la cámara accionada por resorte (fig. 89, B) es la más empleada, hablaremos de ella en primer lugar.

Cámara accionada por resorte.—La cámara tomavistas típica de aficionado es de reducidas dimensiones y de poco peso. Está accionada por resorte, que funciona medio minuto aproximadamente. La velocidad de paso de la película a través de la cámara está controlada por un regulador que mantiene una velocidad constante (con variación de ± 10 por 100), hasta que pierde velocidad y se para. En algunas cámaras se reduce rápidamente la velocidad final de la carrera, por lo que es necesario dar cuerda con más frecuencia si se quiere mantener una velocidad uniforme.

La cámara típica puede cargarse y descargarse a la luz del día y admite un rollo de película de 15 o de 30 m. La velocidad normal es de 16 exposiciones por segundo, y un rollo de película de 30 m de longitud, expuesto a la velocidad normal, durará unos 4 minutos aproximadamente. Aunque este tipo de cámara puede funcionar satisfactoriamente para la mayor parte de los trabajos exteriores sin necesidad de utilizar un trípode, este resulta necesario para los trabajos de estudio de movimientos.

No se intenta describir aquí las cámaras tomavistas, puesto que hay una serie de tipos excelentes en el mercado que pueden utilizarse

convenientemente en los trabajos de estudio de movimientos. No obstante, una cámara tomavistas debe tener, al menos, las características siguientes para que pueda utilizarse satisfactoriamente en esta clase de trabajos:

1) Lente: f.2,4 o más rápida; es preferible la f.1,9.
2) Foco: ajustable desde 1,2 m o más próximo hasta infinito. (No es satisfactoria una cámara con lente de foco fijo.)
3) Capacidad de película: 30 m.
4) Contador de película de gran exactitud.

Las características adicionales siguientes son deseables, pero no absolutamente necesarias:

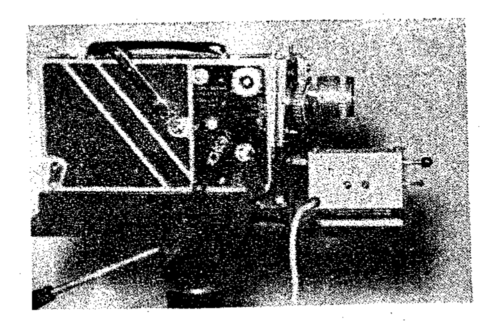
5) Resorte de velocidad variable, que funcione desde la mitad de la velocidad normal (8 vistas por segundo) a cuatro veces la velocidad normal (64 vistas por segundo).
6) Lentes intercambiables.
7) Conexión para accionamiento por motor eléctrico.

Cámara tomavistas accionada por motor eléctrico.—Se está utilizando con buenos resultados la cámara tomavistas accionada por motor eléctrico de velocidad constante. La velocidad más corriente para este tipo de cámara (véase la figura 89 C) es de 1000 vistas por minuto, ligeramente superior a la normal, que es de 16 vistas por segundo, o sea 960 por minuto. Se pueden obtener otras velocidades cambiando la relación de los engranajes entre el motor y la cámara o accionándola por un motor independiente.

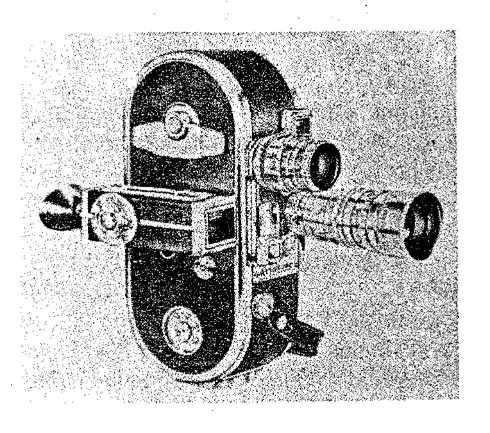
La representada en la figura 89 A está accionada por un solenoide a 50 ó 100 imágenes por minuto. En D se muestra una cámara accionada por motor para tomar vistas a la velocidad del sonido, es decir, 1440 imágenes por minuto. Las cámaras E y F son para trabajar a gran velocidad.

En la figura 90 se muestra una ampliación de un trozo de película tomada a la velocidad de 1000 imágenes por minuto. El intervalo de tiempo transcurrido desde una imagen a la siguiente en esta película es de 1/1000 de minuto exactamente, por lo que los movimientos realizados por la mano estudiada, durante la exposición de las 10 imágenes, ocuparon un tiempo de 10/1000 de minuto (0,010 min).

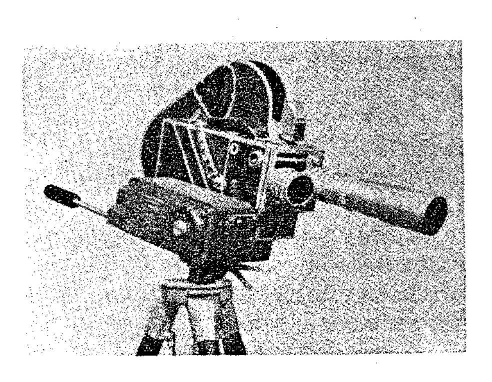
Dado que la cámara funciona a una velocidad constante y conocida, no se necesita microcronómetro (véase fig. 91) para indicar el tiempo; por consiguiente, este no ocupa un espacio en las fotografías ni tapa movimientos del operario que está bajo estudio. Resulta sencillo asignar valores de tiempo a los movimientos, puesto que no es necesario hacer ningún estudio sobre la posición de las manecillas del reloj. Si la película se proyecta en una pantalla puede conocerse la velocidad exacta de proyección por medio de un tacómetro unido al proyector (véase figura 321). En otras palabras: se puede proyectar la película sobre la



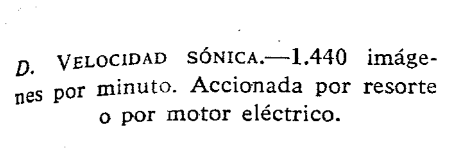
A. POCA VELOCIDAD.—50 a 100 imágenes por minuto. Dispositivo anexo a la cámara para tomar vistas a intervalos de tiempo. Accionamiento por motor eléctrico o por un solenoide.



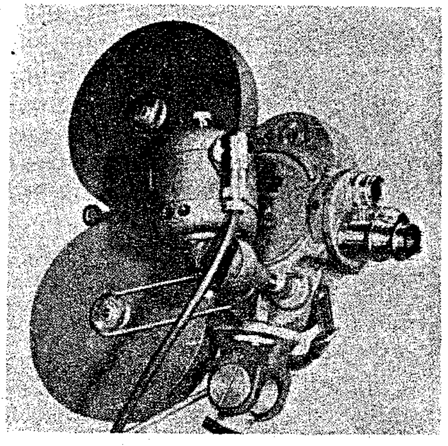
B. VELOCIDAD NORMAL. — 960 imágenes por minuto. Accionada por resorte o por motor eléctrico.

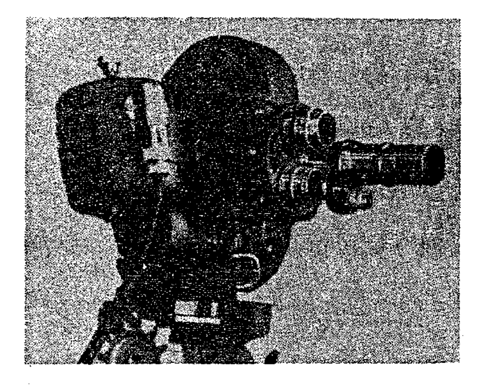


C. VELOCIDAD NORMAL MODIFICADA.—1.000 imágenes por minuto. Accionada por motor eléctrico.

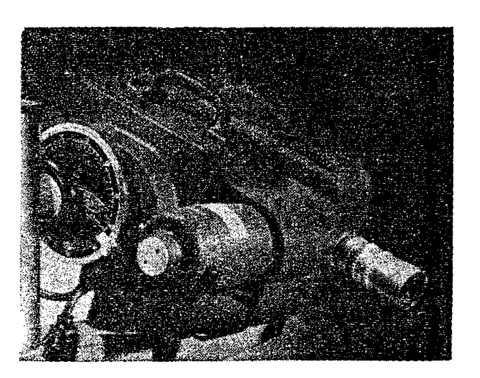


D. VELOCIDAD SÓNICA.—1.440 imágenes por minuto. Accionada por resorte o por motor eléctrico.





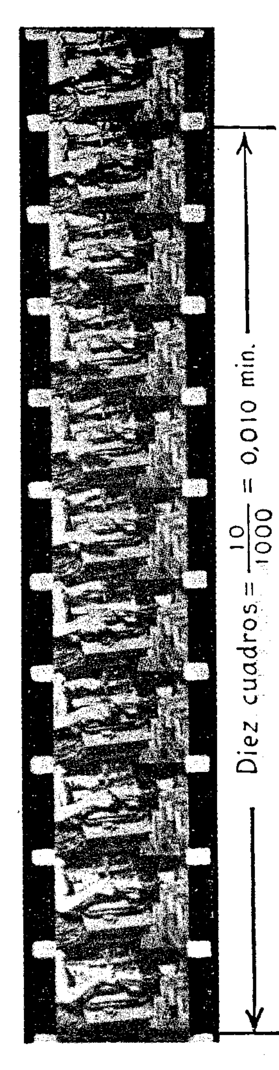
E. GRAN VELOCIDAD.—64 a 128 imágenes por segundo. Accionado por resorte o por motor eléctrico.



F. VELOCIDAD MUY GRANDE.—1.000 a 3.000 imágenes por segundo. Accionada por motor eléctrico.



FIG. 89.—Seis cámaras tomavistas ordenadas según la velocidad a que normalmente funcionan.



(Película de 16 mm., ampliada 1/2)

FIG. 90.—Película hecha con cámara accionada por motor de velocidad constante, a 1000 imágenes por minuto. Este fragmento muestra parte de una operación de avellanado en una taladradora.

pantalla a la misma velocidad que se tomó, o bien a velocidades conocidas, más rápidas o más lentas.

Aunque la cámara tomavistas accionada por motor eléctrico tiene ciertas ventajas, la cámara de aficionado accionada por resorte es completamente satisfactoria para el trabajo corriente en los estudios de movimientos y micromovimientos.

Velocidades de la cámara.—La cámara tomavistas de aficionado funciona de forma que una vista o exposición de la película se retira o coloca rápidamente enfrente de la lente de la cámara durante el instante en que el obturador intercepta la imagen. Una vez que la película está en el sitio debido, el obturador se abre de nuevo y permite fotografiar el objeto. A continuación, el obturador se interpone, y el siguiente cuadro ocupa su puesto para la exposición siguiente, y así sucesivamente. El obturador está cerrado de un tercio a un medio del tiempo en que la cámara está en acción (dependiendo del diseño del obturador). La relación del tamaño del segmento abierto en el obturador al cerrado determina el tiempo de exposición para una revolución del obturador. Este da una vuelta completa cada vez que se hace una exposición. Por consiguiente, si la cámara funciona a la velocidad normal de 16 exposiciones por segundo y tiene un obturador con un segmento abierto de 180 grados, el tiempo que la lente estará abierta durante una revolución es $1/16 \times 180/360$, o sea 1/32 de segundo.

La cámara tomavistas fotografía escenas intermitentes. Al fotografiar objetos que se mueven existe un instante (1/32 de segundo en el caso anterior), entre dos exposiciones sucesivas, durante el cual no se registra la acción que está teniendo lugar. Por esta razón, las imágenes sucesivas de una película muestran el objeto que se mueve en diferentes puntos a lo largo de su línea de movimiento (véase fig. 99). La mano que se dirige a un objeto se muestra primero a 30 cm de este; luego a 25, a 12, etc. Cuando el movimiento es relativamente rápido, el objeto aparece borroso. En la figura 105, la mano derecha aparece borrosa en

las exposiciones 2, 7 y 8, debido a que, durante el corto instante en que el obturador estaba abierto, la mano se movió recorriendo una distancia suficiente para producir un pequeño borrón. Estos borrones se eliminan tomando la película a una velocidad mayor. Si la película hubiese sido tomada a 32 exposiciones por segundo en lugar de a 16, el tiempo durante el cual el obturador estuvo abierto hubiese sido 1/64 de segundo solamente y la mano se habría movido recorriendo nada más

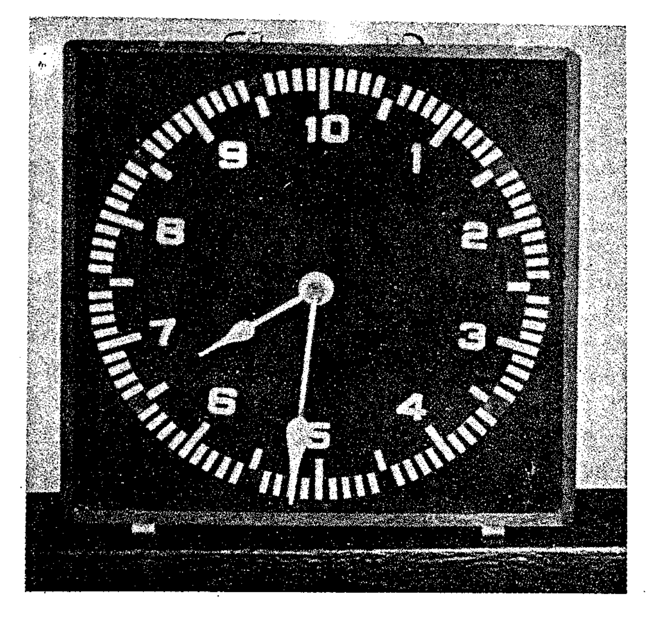


FIG. 91.—Microcronómetro accionado por motor eléctrico. La manecilla grande gira a razón de 20 revoluciones por minuto y de 2 la pequeña.

que la mitad de la distancia. Esto hubiera reducido el borrón o lo habría eliminado por completo.

Cuando la cámara funciona a velocidad normal, ocurre frecuentemente que la mano, por ejemplo, cambia totalmente de dirección mientras el obturador está cerrado. Si el operario tenía que coger un objeto, una imagen puede mostrar la mano moviéndose hacia la derecha, mientras que en la siguiente puede verse moviéndose hacia la izquierda. Durante el instante en que el obturador estaba cerrado, la mano continuó su movimiento hacia la derecha, cogió una pieza de material y estaba en su movimiento de retorno cuando se tomó la exposición siguiente. Para estudios muy exactos no es deseable la existencia de estos movimientos escondidos, por lo que conviene hacer funcionar la cámara a velocidades mayores con el fin de impedirlo.

Aunque la cámara funciona normalmente a velocidades de 16 exposiciones por segundo, existen cámaras de aficionados accionadas por resorte que funcionan a velocidades que llegan hasta ocho veces la normal (1).

Para los trabajos corrientes de estudio de micromovimientos resulta satisfactoria la velocidad normal de la cámara. Para estudiar movimientos rápidos de las manos pueden necesitarse velocidades dobles de la normal, y en la valoración de movimientos muy cortos y rápidos, tales como "coger deslizando", en el laboratorio, pueden llegar a necesitarse velocidades de 5000 exposiciones por minuto, e incluso mayores.

Las películas son fáciles de hacer.—La cámara tomavistas de aficionado está proyectada de tal forma que una persona de tipo medio es capaz de hacer películas satisfactorias sin tener práctica, y aunque las películas tomadas en el interior de la fábrica para el estudio de movimientos son más difíciles que las tomadas en el exterior, la mayoría de la gente puede realizarlas bastante bien siguiendo las instrucciones que acompañan a la cámara. No obstante, aun a la persona capaz de hacer buenas películas de las operaciones corrientes de la fábrica, le resultará útil aprender cuanto pueda en relación con la fotografía (2).

Una hoja de datos de la película, similar a la representada en la figura 96, ayuda a perfeccionarse en la obtención de buenas películas en condiciones muy variables. La hoja de datos es un registro permanente de todos los factores importantes en conexión con la toma de películas. La información de esta hoja se puede utilizar como comprobación si las películas no salen satisfactoriamente o como referencia si se han de sacar en condiciones nuevas. La mera necesidad de registrar en las diversas casillas de la hoja datos tales como apertura de diafragma, foco, distancia del sujeto a la cámara, número de puntos de luz utilizados, impide automáticamente al principiante hacer la película antes de haber ajustado la cámara tomavistas y completado su preparación. Como se especificará más detalladamente en el siguiente capítulo, la mayor ventaja de la utilización de una hoja de datos es que, en sí, y junto con el número de la película, constituye un registro permanente para identificar totalmente cualquier parte de la película.

(1) La cámara reproducida en la figura 89, F, toma 3.000 imágenes por minuto. El profesor H. E. Edgerton ha obtenido fotografías con una exposición de una millonésima de segundo y realizado películas a 6.000 exposiciones por segundo. Véase "High Speed Photographic Methods of Measurement", de H. E. Edgerton, J. K. Germeshausen y H. E. Grier, *Journal of Applied Physics*, vol. VIII, número 1, pág. 1.

(2) *How to Make Good Movies.* Eastman Kodak Co., Rochester, Nueva York.

Microcronómetro.—Como el número de exposiciones hechas sobre la película en un intervalo de tiempo cualquiera dependerá de la velocidad de la cámara tomavistas, y como esta velocidad para las cámaras accionadas por resorte no es constante, resulta necesario incluir en la imagen un dispositivo de medida de tiempo muy exacto, a fin de que se indique en la película el intervalo de tiempo entre una imagen y la siguiente.

Gilbreth ideó un reloj de resorte, de movimiento rápido, llamado

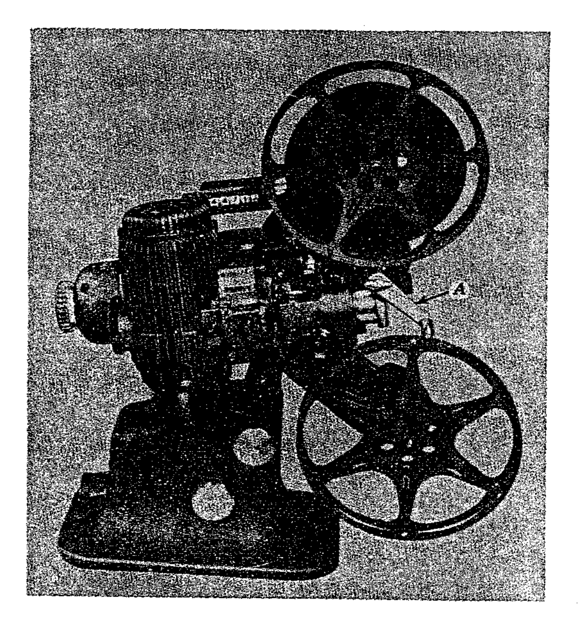


FIG. 92.—Proyector de 16 mm diseñado para el estudio de movimientos y tiempos. La manivela *A* puede utilizarse para el análisis de la película.

microcronómetro, capaz de indicar tiempos en 1/2000 de minuto. La esfera del reloj estaba dividida en 100 espacios iguales y la manecilla daba 20 revoluciones por minuto. En la actualidad se utilizan relojes accionados por motores síncronos. Estos relojes son muy exactos y las manecillas pueden regularse de forma que indiquen intervalos de tiempo de cualquier magnitud deseada. El reloj representado en la figura 91 está accionado por un pequeño motor síncrono. Tiene 100 divisiones iguales en la esfera; la manecilla larga gira a 20 revoluciones por minuto, y la pequeña, a 2 revoluciones por minuto. Cada división de la esfera indica 1/2000 de minuto. La lectura del reloj de la figura 91 es 652. Cambiando la combinación de engranajes dentro del reloj, la

manecilla larga dará 50 revoluciones por minuto, y la manecilla pequeña, 5, lo cual permite leer intervalos de tiempo de 1/5000 de minuto sin interpolación. El reloj funciona a esta velocidad elevada solo cuando la película se expone a 2000 vistas por minuto o más de prisa.

Cuando se utiliza la cámara tomavistas accionada por motor eléctrico no es necesario el microcronómetro, a no ser que se quiera usar con el fin de identificar rápidamente movimientos o sitios definidos en un ciclo. Algunas veces se emplea con este fin.

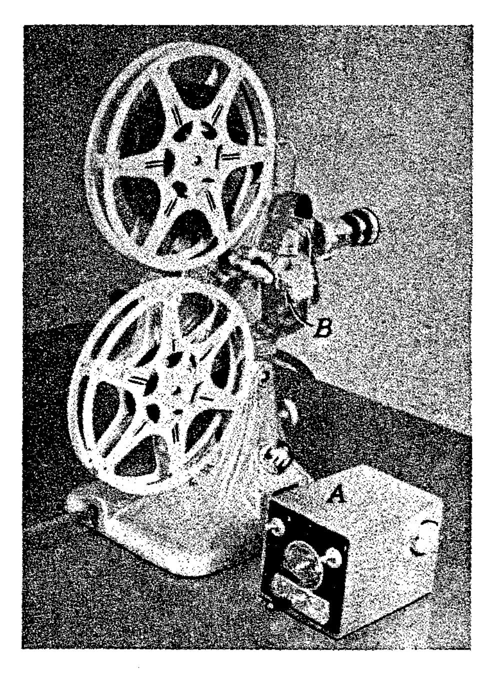


FIG. 93.—Proyector de 16 mm, adaptado para análisis de películas. La caja especial de mandos *A* permite accionar a distancia el proyector. El contador de imágenes *B* permite el análisis de películas hechas con cámaras tomavistas accionadas por motor eléctrico.

Iluminación.—Siempre que ello sea posible, las películas deben ser tomadas a la luz del día. A veces se requiere una iluminación adicional, que puede obtenerse fácilmente con focos portátiles, a los que se adapta un reflector adecuado y un trípode que sirva de apoyo. Con este material se resuelve fácilmente la iluminación del objeto o persona a fotografiar. Generalmente se deben utilizar dos fuentes de luz para obtener los mejores resultados. Las lámparas han de colocarse de forma que, tanto el lugar de trabajo como los movimientos a estudiar, estén iluminados debidamente sin que se produzcan sombras profundas. Si la persona que toma la película recuerda que después ha de estudiar los movimientos en detalle, procurará que estos reciban la iluminación adecuada. Gracias al perfeccionamiento de la película "supersensitiva" se ha reducido la necesidad de iluminación artificial.

Laboratorio.—Algunos insisten en que, siempre que sea posible, se hagan las películas en un laboratorio especial separado de los talleres. Para ello hay que trasladar al laboratorio las herramientas y el equipo necesario, así como los operarios de la fábrica, de forma que los estudios de la operación se puedan hacer sin estorbar la producción en aquella. Aunque este procedimiento tiene muchas ventajas, en la actualidad se suelen obtener las películas en el mismo lugar de trabajo, en la fábrica. Esta práctica es menos costosa, contribuye a asegurar la cooperación de los obreros y quita parte del misterio que rodea el estudio de movimientos y tiempos. Cuando la naturaleza del trabajo no lo impide o el estudio ha de prolongarse, es frecuente llevar a cabo la investigación en el laboratorio.

Los laboratorios tienen otros usos que por sí solos justificarían su existencia. Son indispensables para almacenar el equipo cinematográfico, analizar la película, construir los diagramas de movimientos simultáneos y proyectar la película a los encargados del perfeccionamiento de métodos. El laboratorio se puede utilizar también como clase, donde los miembros de la empresa interesados en ello puedan aprender las técnicas del estudio de micromovimientos. Se usa frecuentemente como sala de conferencias para los programas de instrucción de encargados e inspectores. En la figura 19 se presenta el laboratorio de estudio de movimientos de la General Electric Company, talleres de Fort Wayne, en el año 1929; en la figura 20, el laboratorio de métodos de la Packard Electric Division de la General Motors Corporation, y la figura 315 muestra el Centro de Organización Industrial de la Armstrong Cork Company.

Películas.—Las películas comerciales se hacen en cinta negativa que, después de revelada, sirve para sacar las copias positivas que se han de utilizar en los proyectores. Con el perfeccionamiento de la cámara tomavistas de aficionado y de la película de 16 mm, se ha logrado un proceso de reversión. La película reversible de aficionado de 16 mm, más comúnmente en la actualidad, está recubierta de una emulsión fotográfica que permite la exposición de la película en la forma corriente. Luego se envía al fabricante, que la revela de forma tal que produce un positivo directamente en la base original de la película. Así, el cliente recibe su rollo original de película convertida en positiva y dispuesta para ser proyectada en la pantalla. Siempre que lo desee puede obtener copias de la película original de 16 mm.

La película más comúnmente utilizada es la pancromática super-

sensitiva, aunque se va abriendo paso también la película en colores. Toda película de aficionado está hecha de una base de acetato incombustible y recibe el nombre de "película de seguridad".

Indice y almacenaje de la película.—Cuando se hace mucho uso de esta técnica hay que tener en cuenta la necesidad de preparar un índice para localizar fácilmente las películas. Uno de los métodos más empleados es el de asignar un número a cada película y colocar una tarjeta con dicho número, de modo que salga fotografiada en la misma.

Cuando se hace una película, se rellena una hoja de datos similar a la presentada en la figura 96, que se conserva luego como registro permanente. A continuación se coloca la película en una caja convenientemente rotulada, que se archiva por número en los cajones de un archivador metálico. Los índices pueden confeccionarse múltiples, esto es, hacer uno por clases de operación (taladrado, pintura por pistolete, inspección, etc.), otro por departamento, clase de producto o cualquier otro tipo que se crea conveniente.

Proyector.—El proyector es indispensable para analizar la película, ya que esta se ha de estudiar minuciosamente imagen por imagen. Con frecuencia se han de estudiar los movimientos de diversos miembros del cuerpo, tales como dedos, brazos y pies. Esto requiere repetir el estudio de la misma película para analizar en cada pasada un miembro del cuerpo.

El proyector más apropiado para este fin es uno pequeño y ligero, que se pueda transportar fácilmente. La lámpara de proyección debe ser de poca potencia, a fin de que el calor desarrollado no queme la película cuando permanezca estacionada ante la lente durante un período de tiempo largo. El proyector puede estar ajustado con una lente de longitud focal corta (2,54 cm), que pueda proyectar una fotografía grande sobre una pantalla colocada cerca del proyector. Para el análisis de la película, el proyector debe tener una manivela accionada a mano, engranada de forma tal que una vuelta de la misma haga avanzar una imagen ante la lente (véase la manivela *A* en la figura 92). Dando a esta manivela una vuelta rápida, pasa la película de una imagen a la siguiente tan rápidamente que se puede notar el movimiento del sujeto en la pantalla. Esto ayuda a encontrar los puntos en donde comienzan, terminan o cambian de dirección los movimientos. El proyector está equipado también con un contador mecánico, que hace un recuento de las vistas que pasan por la lente y es de gran utilidad cuando se analiza una película hecha con una cámara tomavistas accionada por motor de velocidad constante. El proyector representado en la figura 93 está gobernado por los interruptores de la caja *A* (3), que hacen posible su manejo a distancia.

(3) Para una detallada descripción de este proyector, véase "How to Convert

El proyector reproducido en la figura 94 ha sido diseñado para realizar demostraciones de análisis de películas ante grandes grupos de espectadores. Filtros especiales y un ventilador auxiliar protegen la película, permitiendo usar una lámpara de hasta 1.000 vatios en el proyector.

Cuando la película se proyecta para que la vea un grupo grande de

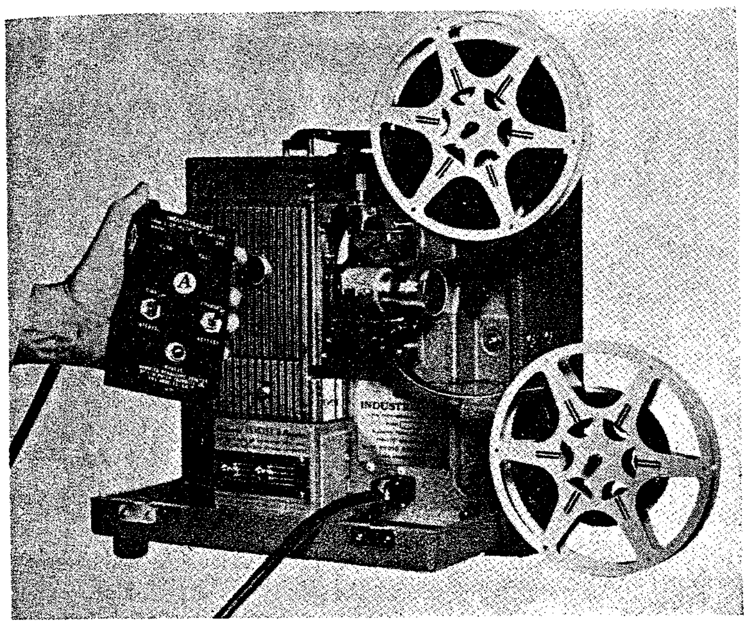


FIG. 94.—Proyector de 16 mm apropiado para análisis de películas ante grupos numerosos. La caja especial de control, *A*, facilita el manejo del proyector a distancia. Puede pararse el proyector sin perjuicio para la película, aun con una lámpara de 1.000 vatios.

personas, el proyector debe estar provisto de una lámpara de gran potencia. Si, como se ve en la figura 321, el proyector está provisto de un tacómetro y un motor de velocidad variable, cabrá utilizarlo ventajosamente para proyectar películas realizadas con una cámara tomavistas de velocidad constante. Se podrán ver las películas a la velocidad exacta a que estaba trabajando el operario o a otras conocidas, más rápidas o más lentas (4).

Projectors for Motion Study", de D. B. PORTER y L. P. GRANATH, *Factory Management and Maintenance*, vol. XCVII, núm. 7, págs. 49-50.

(4) En el capítulo XXII se informa sobre el uso de las películas en la valoración del rendimiento de los operarios.

Lista del equipo para el trabajo de estudio de movimientos.—En resumen, cuando se ha de llevar a cabo un programa relativamente extenso, se recomienda el equipo siguiente:

1) Una cámara tomavistas, preferiblemente con lente f.1,9, foco ajustable entre 1,2 m e infinito y capacidad de película de 30 m.

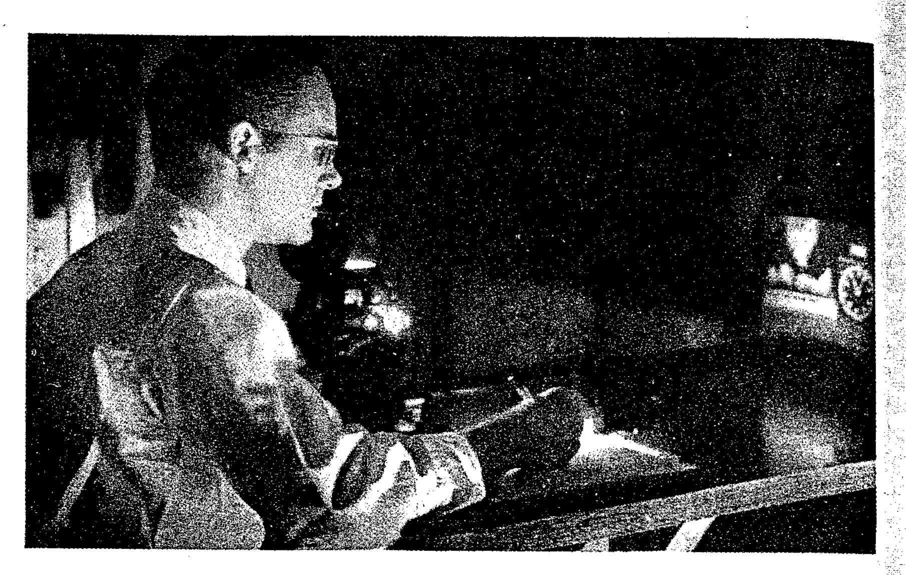


FIG. 95.—Cabina de proyección para análisis de películas.

2) Un trípode metálico con cabeza móvil y panorámica.
3) Un fotómetro.
4) Tres o cuatro focos con reflectores.
5) Dos trípodes para los reflectores de los focos.
6) Un microcronómetro.
7) Un proyector con lámpara de pequeña potencia y manivela para el análisis de películas.
8) Un proyector con lámpara de gran potencia para enseñar películas a auditorios grandes.
9) Una pantalla portátil.
10) Armarios adecuados para almacenar las películas.
11) Un equipo de rotular.
12) Un equipo para rebobinar y empalmar.
13) Un armario metálico para almacenar el equipo.

CAPITULO XIII

FORMA DE HACER LA PELICULA

Las películas pueden utilizarse para múltiples fines en los trabajos de estudio de movimientos y tiempos. Frecuentemente se hacen para:

1) Realizar estudios de movimientos y de micromovimientos.
2) Obtener datos de muestreo de trabajo.
3) Entrenar a los operarios de las fábricas.
4) Mostrar el método corriente de realizar una tarea determinada (1).
5) Valorar el rendimiento efectivo en los estudios de tiempos; e
6) Investigar sobre estudio de movimientos.

A continuación se explica el procedimiento a seguir para realizar las películas destinadas a estudios de micromovimientos, ya que posiblemente son las más difíciles de hacer, suponiendo que se ha escogido una operación determinada para estudiarla.

Operario que se ha de estudiar.—El primer paso es la selección de uno o más operarios como sujetos para la película a realizar. Es conveniente que sean los más hábiles y los que ejecutan el trabajo de la forma más satisfactoria, ya que debe estudiarse todo operario que prometa contribuir en algo al establecimiento de un método mejor, y, aunque desde el punto de vista psicológico es deseable con frecuencia sacar películas de todos los que ejecutan la operación, resulta poco probable que se obtenga información interesante de los obreros inexpertos, por lo que de estos basta con tomar unos pocos metros de cinta. A veces, sin embargo, se ha comprobado que el "operario perezoso" estaba utilizando métodos mejores que otros más activos. Esto sucede, como es natural, porque intenta realizar su trabajo con un gasto mínimo de energía.

Es muy importante y a la vez necesario que tanto los obreros como el contramaestre sean informados de lo que se va a hacer, buscando su cooperación desde el principio, lo que resulta difícil solo en contadas ocasiones. Generalmente, el obrero trabajará lo mejor que pueda mientras se está haciendo la película, ya que sabe que esta constituirá un

(1) Este cuarto empleo puede completarse con una película del método perfeccionado. A veces nos referiremos a ellas como películas "antes" y "después".

registro permanente de su trabajo y que tanto sus compañeros como sus jefes han de verle actuar en la pantalla.

Hay que recalcar que el estudio de movimientos no intenta forzar al obrero a trabajar con más rapidez, sino que estudia sus movimientos, a fin de encontrar los más cortos y mejores, esto es, la forma más fácil y menos fatigosa de realizar un trabajo. Si como sujetos del estudio se utiliza a los mejores operarios, el analista podrá llegar antes a la solución de su problema que si utiliza a los inexpertos. Son los movimientos que utiliza el operario y no su velocidad lo que está en estudio.

Como se manifestó al principio del capítulo primero de este libro, el estudio de movimientos y tiempos tiene diversos objetivos. Por ejemplo, el fin del estudio de tiempos con cronómetro es determinar un valor de tiempo en minutos u horas que permita al operario calificado trabajar día tras día y semana tras semana sin daño o fatiga excesiva, ejecutando siempre su tarea en ese tiempo tipo o especificado. No obstante, al hacer un estudio de micromovimientos es de esperar que el obrero hábil, que actúa de sujeto en la película, realice su tarea a una velocidad superior a la dada por el tiempo tipo. No cabe hacer objeciones a esto, puesto que en el estudio de movimientos el objetivo primero y principal consiste en descubrir *cuál* es el método mejor de realizar un trabajo. Por ello se han de estudiar los obreros que más contribuyan a determinar este método.

Posición de la cámara tomavistas.—Una vez que el operario u operarios han sido escogidos y comprenden que se ha de hacer un estudio de micromovimientos, el analista del estudio de movimientos puede montar su equipo y tomar la película.

Aunque no es preciso obtener películas de análoga calidad que las profesionales, sí lo es que resulten lo suficientemente claras para ver todos los detalles necesarios cuando se proyecten sobre la pantalla. Se han de enfocar exactamente y se deben tomar desde un ángulo tal que se obtenga una fotografía satisfactoria de todos los movimientos del operario.

La cámara tomavistas se aproximará todo lo posible al sujeto que se fotografía, pero sin omitir nada que deba figurar en la imagen. Al situar la cámara hay que tomar en consideración tanto el sitio o lugar de trabajo como la acción del operario. Los movimientos del operario pueden producirse en dos direcciones: perpendicularmente a la línea de visión y paralelamente a la misma; pues bien, se ha de colocar la cámara tomavistas de forma que la mayor parte de los movimientos sean perpendiculares a la línea de visión. Esta disposición no solo tiende a obtener un buen enfoque de todo el ciclo, sino también a facilitar el análisis de la película. Resulta más fácil juzgar la naturaleza y extensión de los movimientos que se realizan perpendicularmente a la línea de visión que aquellos que se ejecutan paralelamente a la misma. El visor de la mayoría de las cámaras tomavistas es lo suficientemente exacto para mostrar lo que se incluye en la vista, aun trabajando cerca del sujeto.

Con frecuencia, se debe situar la cámara tomavistas de manera que quede incluida toda la gama de movimientos del operario en un ciclo y solo en contadas ocasiones es deseable seguir los movimientos del operario, moviendo la cámara tomavistas a medida que progresa el ciclo. Es difícil anticiparse a los movimientos del operario y casi imposible mantener en todo momento todos sus movimientos dentro del campo de la cámara.

En ciertos casos resulta útil obtener películas desde más de una posición, aunque ello no sea necesario, ni mucho menos, para todas las operaciones. No obstante, conviene tomar desde cierta distancia varias vistas del operario y del lugar del trabajo, a fin de conseguir un registro completo de la tarea e, incidentalmente, una buena fotografía del operario.

En ocasiones es conveniente colocar como fondo una pantalla negra cuadriculada en blanco, con cuadros de 10 cm de lado. También puede marcarse de igual forma el puesto de trabajo o el suelo. Esto se hace para ayudar a determinar la situación y longitud de los movimientos cuando se está analizando la película. Hay que tener presente que se debe hacer todo aquello que facilite el análisis de la película y que detalles tan pequeños como el color de la ropa del operario tienen un efecto importante sobre la facilidad con que se pueden analizar los movimientos.

Gilbreth utilizó algunas veces lo que él dio en llamar una "pantalla penetrante", porque facilitaba el estudio y medida de los movimientos (2). La pantalla penetrante resultaba de una exposición doble de la película, efectuando la primera sobre una tela negra con una cuadrícula blanca. Dicha pantalla estaba situada en el lugar de trabajo, cubriendo el espacio en que se desarrollaban normalmente los movimientos de las manos del operario. Una vez fotografiada, se quitaba la pantalla, se daba marcha atrás al rollo en el cuarto oscuro y luego se procedía a tomar la película del operario en la forma usual. Cuando, después de revelada, se proyectaba la película, el operario aparecía trabajando a través de una pantalla cuadriculada transparente.

Se debe montar la cámara tomavistas sobre un trípode y sujetar este, bien al suelo o sobre una mesa sólida, a fin de evitar vibraciones cuando está funcionando.

---

(2) F. B. y L. M. Gilbreth: *Applied Motion Study*, pág. 86. Sturgis and Walton Co., Nueva York, 1917.

Iluminación.—Es preferible utilizar la luz del día cuando se hace una película; no obstante, en interiores generalmente se necesita reforzar la luz diurna con la artificial. Esta iluminación adicional se puede suministrar mediante focos con reflectores adecuados, situados de forma que iluminen convenientemente los lugares más oscuros del cuadro. Es mejor dar mucha iluminación al sujeto y limitar la abertura del diafragma que tener una iluminación demasiado débil y obtener una película oscura.

Al situar los focos hay que recordar que la intensidad de iluminación sobre un objeto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente luminosa y el objeto. Si la lámpara que se encuentra a tres metros del objeto se acerca a un metro y medio del mismo, la intensidad de iluminación sobre el objeto aumenta cuatro veces. La mejor forma de conocer si un objeto está suficientemente iluminado es utilizar un fotómetro.

Realización de la película.—Cuando se utiliza un microcronómetro se le coloca de forma que aparezca totalmente en la fotografía, sin tapar ninguno de los movimientos del operario o de las partes del lugar de trabajo que se deban ver en la película y sin que aquellos impidan que el reloj resulte visible en todo momento. El microcronómetro ha de estar bien enfocado para que se pueda leer con facilidad en la fotografía.

Se carga la cámara tomavistas con la película, se pone a cero el contador de metros de la cinta y se ajusta la abertura del diafragma para las condiciones de iluminación existentes y para la velocidad a la que ha de funcionar la cámara si es diferente de la normal.

Se mide cuidadosamente la distancia entre el centro de acción del operario y la lente de la cámara con una cinta métrica (no basta estimar la distancia) y se enfoca exactamente la cámara. Esto último es particularmente importante cuando la máquina está cerca de la acción que se ha de fotografiar.

Frecuentemente, en las primeras imágenes de la película se fotografía una tarjeta con el nombre de la operación, número de la pieza, fecha del estudio, número del departamento y número de la película, para poder identificarla. Otro método utilizado es colocar un solo número o símbolo ante la cámara a fin de que aparezca en todo el metraje de la película. A cada película se asigna un número distinto, que se conoce como *número de la película.*

Para anotar todos los datos relativos a un estudio determinado se utiliza una hoja especial de datos, como la reproducida en la figura 96, en la que se registra el número de la película. Esta hoja se convierte en un registro permanente de la información sobre el trabajo filmado, así como de los datos pertenecientes a la parte mecánica de ejecución de la película. Como en cada imagen aparece el mismo símbolo, siempre se puede acudir a la hoja de datos para identificar cualquier parte de la película.

El analista debe estimar o medir con un reloj el tiempo necesario para un ciclo, si es que de antemano no tiene este dato, bien sea sacado de tiempos normales anteriormente fijados o facilitado por el departamento de producción. Ha de haber material suficiente ante el operario y debe estar todo dispuesto para que no haya interrupciones innecesarias mientras se hace la película.

Una vez encendidos los focos y antes de poner en marcha la cámara se debe permitir al obrero trabajar durante cierto tiempo. Algunos operarios necesitan tiempo para acostumbrarse a las nuevas circunstancias y desprenderse de su nerviosismo, aunque la mayor parte no presentan problemas serios en este aspecto.

A continuación se hace la película, cubriendo tantos ciclos de trabajo como se desee. Es imposible dar reglas definidas en cuanto al número de ciclos de trabajo que se deben fotografiar, pues ello depende de las circunstancias de cada caso; pero conviene incluir un número suficiente de ciclos para obtener un registro representativo de la tarea. Es mejor haber tomado demasiadas vistas de una operación que haber hecho de menos.

Bosquejo del procedimiento para realizar la película.

1) Asegurarse la cooperación del encargado y de los obreros antes de realizar la película, y explicar por qué se hace esta.
2) Comprobar la existencia de energía eléctrica para los focos, el microcronómetro y la cámara, si es que se ha de utilizar una de accionamiento eléctrico.
3) Situar la cámara tomavistas para obtener la mejor imagen del ciclo de la operación. Utilizar el visor para estar seguro de que todo el ciclo quedará dentro del campo de la cámara.
4) Situar los focos para obtener una intensidad de iluminación adecuada, sin sombras profundas. Comprobar que los lugares más oscuros están iluminados debidamente.
5) Colocar el microcronómetro de forma que sea visible y esté enfocado. Comprobar que no oscurece ninguna parte de la operación.
6) Colocar la tarjeta con el número de la película u otra identificación de forma que sea visible, con preferencia cerca del microcronómetro.

HOJA DE DATOS DE LA PELICULA

SITIO L.C. Smith & Corona Typewriters, Inc. Groton, N.Y.	PELICULA Nº C1
OPERACION Formar eslabones	OP. Nº 15
NOMBRE DE LA PIEZA Eslabón para máquina de escribir portátil	PIEZA Nº 357
NOMBRE DE LA MAQUINA Plantilla especial sobre banco — NUMERO DE LA MAQUINA Plantilla Nº 1364	DEPT. Nº 9
NOMBRE Y NUMERO DEL OPERARIO M. S. Fost A1	FECHA 15-7-31

EXPERIENCIA EN LA TAREA Operario normal frecuentemente en otro trabajo — MATERIAL Alambre cortado a longitud

COMIENZA 11:00 — TERMINA 11:50 — TIEMPO TRANSCURRIDO — UNIDADES TERMINADAS — VALORACION

CAMARA EK Co. — Nº DE SERIE DE LA CAMARA 03221 — VELOCIDAD DE LA CAMARA EN VISTAS POR SEGUNDO 16 — LENTE f. 1,9

DISTANCIA DE LA CAMARA AL SUJETO 1,25 m — DISTANCIA FOCAL 4 — LECTURA DEL FOTOMETRO — ABERTURA DE DIAFRAGMA f. 4,0

CLASE DE PELICULA E.K. Pan — VALORACION DE LA SENSIBILIDAD — Nº DE PUNTOS DE LUZ Dos — POTENCIA EN VATIOS A 500 C, B 500 D

El material se coloca sobre el banco a una distancia de 25 cm. del centro de la plantilla

Las piezas terminadas se depositan sobre el banco a la izquierda del operario.

Eslabón antes y después de ser formado

PUNTO DE LUZ

CAMARA

VENTANA

Operario

Plantilla especial sobre banco

A

B

Altura del banco de trabajo, 68 cm. sobre el suelo

Plantilla a 7 cm. sobre el banco

HERRAMIENTAS, PLANTILLAS, CALIBRES:— Plantilla especial para trabajo con ambas manos

HECHO POR

FIG. 96.—Hoja de datos de la película.

7) Comprobar que la cámara tiene la cantidad de película suficiente para el número de ciclos que se ha de fotografiar.
8) Determinar la abertura de diafragma apropiada por medio del fotómetro y ajustar el diafragma debidamente.
9) Medir la distancia del sujeto a la lente de la cámara y ajustar el foco debidamente.
10) Rellenar la hoja de datos de la película.
11) Conectar las luces, poner en marcha el microcronómetro y hacer la película.

CAPITULO XIV

ANALISIS DE LA PELICULA

Una vez hecha y revelada, se coloca la película en un proyector y se proyecta en una pantalla, donde se somete a examen. Como la película contiene un registro exacto de las actividades fotografiadas, se puede construir a partir de ella, lo mismo que a partir de la actividad misma, un diagrama del proceso, de la actividad, de hombre y máquina o de operación. Si se proyecta la película a la misma velocidad que fue obtenida, se podrá hacer también un estudio de tiempos con cronómetro. No obstante, en el presente capítulo se dará una explicación del método de análisis de la película para la construcción de un diagrama de movimientos simultáneos. Antes de iniciar el análisis, y con objeto de familiarizarse completamente con la operación, el analista suele proyectar varias veces la película; a continuación escoge un ciclo definido para analizarlo con detalle.

La extensión que se dé al análisis de los movimientos de las manos, piernas, cabeza y tronco dependerá en gran parte de la naturaleza del trabajo. La mayor parte de las operaciones escogidas para el análisis de estudios de micromovimientos se refieren a trabajos de banco o ciclos cortos de trabajos mecánicos que requieren solo movimientos de las manos. Al hacer el análisis resulta generalmente satisfactorio considerar la mano como una unidad, esto es, sin analizar los movimientos de cada dedo independientemente. No obstante, a veces se estudiará una operación en la que tengan lugar movimientos de todo el cuerpo, cuyo análisis resulte necesario. En tal caso es perfectamente posible utilizar esta técnica, aunque requerirá mucho más tiempo efectuar el análisis, puesto que se han de considerar por separado todos los miembros del cuerpo.

En el ejemplo del montaje de perno y arandela se utilizará la forma más sencilla de análisis, esto es, el análisis de los movimientos de las manos. Así, cuando el pulgar y el índice de la mano derecha cogen una arandela, se supone que la mano derecha coge la arandela, etc.

Impresos para registrar los datos de análisis de movimientos.—A medida que se analiza la película se pasan los datos a una hoja, comúnmente denominada hoja de análisis. Se han ideado diversos impresos para llenar esta función, y la elección de uno u otro depende del tipo de trabajo a estudiar y de la extensión a que se llegue en el análisis. Los impresos de las figuras 97 y 100 son muy satisfactorios

para el análisis de las manos derecha e izquierda; la columna adicional en el de la figura 97 sirve para el análisis de un tercer miembro del cuerpo, tal como el pie en un trabajo con prensa o la rodilla en una operación con máquina de coser accionada por la rodilla. La hoja de análisis de la figura 98 es la que se utiliza en las tiendas de Macy cuando se realiza un análisis completo.

Análisis de la película del montaje de perno y arandela.—En la figura 99 se reproduce, ampliada, la película que muestra la operación "Montar tres arandelas en un perno". La película se tomó a la velocidad normal de 16 exposiciones por segundo, y la velocidad del microcronómetro era de 20 revoluciones por minuto. En la página 223 se describe la operación en detalle. Las imágenes de la figura 99 se analizarán de la misma forma que lo haría el analista si tuviera la película ante sí; no obstante, en ese caso la tarea le resultaría más fácil, puesto que al disponer de la película podría proyectarla muy ampliada en una pantalla.

Análisis de los movimientos de la mano izquierda.—Generalmente se analizan primero los movimientos de la mano izquierda del operario; después se retrocede al principio del ciclo y se analizan los movimientos de la mano derecha.

Para comenzar el análisis se pasa la película a través del proyector hasta encontrar el principio de un ciclo. Generalmente, este principio es el punto en que la mano comienza su primer *therblig* de *transporte en vacío,* pero a veces resulta ventajoso comenzar el análisis en un punto donde coincidan ambas manos en el comienzo o final de sus *therbligs.*

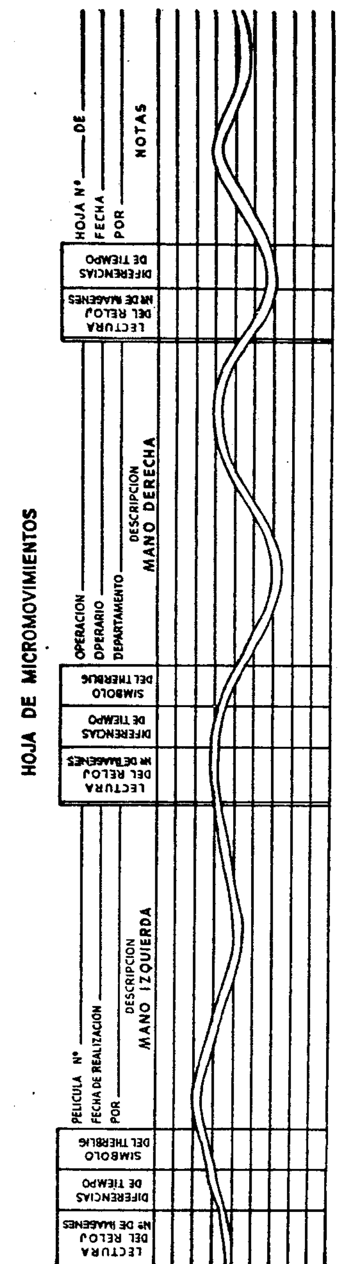


FIG. 97.—Hoja de análisis para estudio de micromovimientos.

HOJA DE MICROMOVIMIENTOS

LECTURA DEL RELOJ Nº DE IMAGENES	DIFERENCIAS DE TIEMPO	SIMBOLO DEL THERBLIG	PELICULA Nº ____ FECHA DE REALIZACION ____ POR ____ DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	LECTURA DEL RELOJ Nº DE IMAGENES	DIFERENCIAS DE TIEMPO	SIMBOLO DEL THERBLIG	OPERACION ____ OPERARIO ____ DEPARTAMENTO ____ DESCRIPCION MANO DERECHA	LECTURA DEL RELOJ Nº DE IMAGENES	DIFERENCIAS DE TIEMPO	HOJA Nº ____ DE ____ FECHA ____ POR ____ NOTAS

FIG. 97.—Hoja de análisis para estudio de micromovimientos.

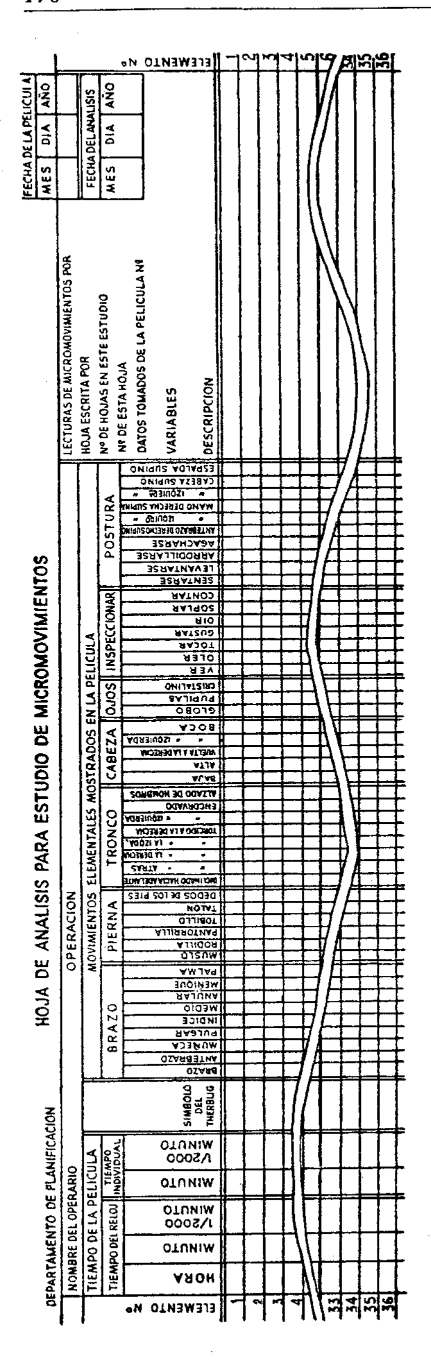


FIG. 98.—Modelo de impreso para un análisis completo de micromovimientos.

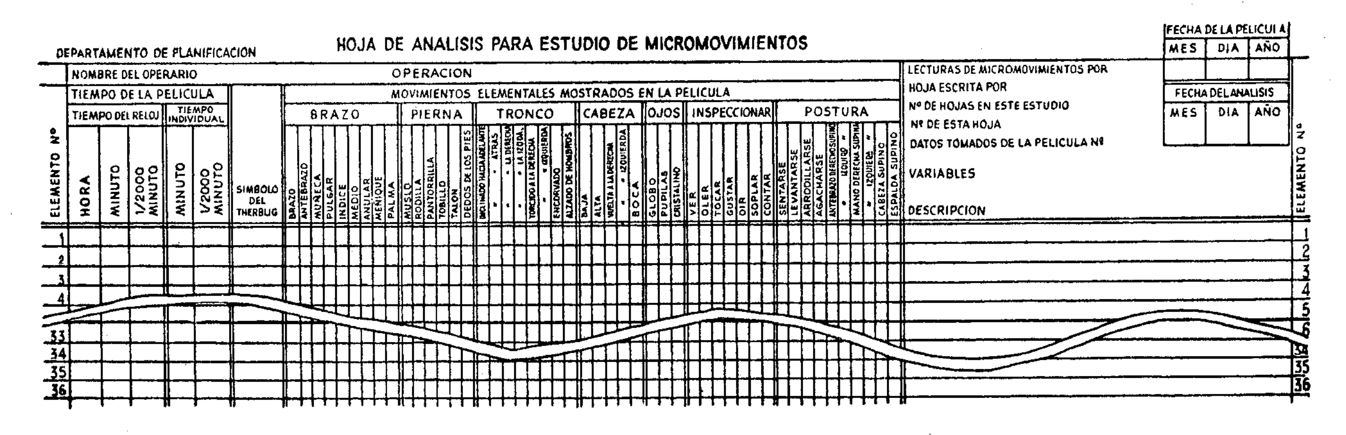
Observando la película de la figura 99 se verá que el microcronómetro está situado a la izquierda de la operaria, la tarjeta con el número de la película (B-21) aparece encima del reloj y el material que se ha de montar está situado en pequeños depósitos enfrente de la operaria. En la figura 69 se muestra la disposición exacta del material. La manecilla larga del reloj da 20 revoluciones por minuto, mientras que la pequeña da 2. Hay 100 divisiones iguales en la esfera del reloj, por lo que el tiempo viene medido directamente en 1/2000 de minuto por la manecilla larga. Gilbreth dio el nombre de "parpadeo" a este intervalo de tiempo de 1/2000 de minuto.

La primera imagen de la película, en la esquina superior izquierda de la figura 99, muestra a la operaria sosteniendo la cabeza del perno con su mano izquierda y completando el montaje de la última arandela sobre el perno con la mano derecha. La segunda imagen muestra a la operaria en el momento de empezar el transporte del montaje terminado (con su mano izquierda) al depósito más cercano al reloj, en donde lo dejará. Esta imagen es el punto apropiado para iniciar el análisis, puesto que muestra a las dos manos en el momento en que empiezan a separarse. En el reloj se lee 595, que significa 595/2000 de minuto a partir de cero.

Los movimientos de la mano izquierda se registran en la hoja de análisis (véase Fig. 100), en la columna titulada "Descripción de la mano izquierda". La lectura del reloj se anota en la primera columna, siendo 595 el momento en que comienza el movimiento *transporte con carga.* El símbolo de este movimiento se marca en la tercera columna y a su lado se describe el movimiento "lleva el montaje a la caja" (1). A continuación se examina la película imagen por imagen, hasta que termina el *therblig* (para la mano izquierda). En la imagen en que aparece la mano izquierda en el momento de soltar el montaje el reloj señala 602. Por consiguiente, se anota 602 en la segunda línea de la primera columna. Como ahora comienza el therblig *dejar la carga* de la mano izquierda del operario, se pondrá el símbolo de dicho therblig en la tercera columna y se registrará la descripción del mismo "suelta el montaje" en la cuarta columna. El analista vuelve entonces a fijarse en la película y la examina en busca del final de *dejar la carga* y el comienzo del movimiento siguiente, *transporte en vacío.* Justo en la vista siguiente de la película se muestra la mano izquierda de la operaria en el momento de trasladarse en vacío hacia el depósito de pernos; por consiguiente, el therblig *dejar la carga* ha terminado y empieza el movimiento de *transporte en vacío.* Se lee 604 en el reloj y se anota esta lectura en la tercera línea de la primera columna. Se pone el símbolo de *transporte en vacío* en la tercera columna y se anota la descripción del *therblig* en la cuarta columna. Así se examina el ciclo entero, comprobando cuándo termina un movimiento y comienza el siguiente y registrando los datos en la hoja de análisis. Una vez efectuado el análisis de las dos manos, se restan las lecturas del reloj para conocer el tiempo transcurrido durante cada movimiento. Estas diferencias de tiempos se anotan en la segunda columna.

Análisis de la mano derecha.—Una vez analizados los movimientos de la mano izquierda se hace retroceder la película al punto de partida y se analizan los movimientos ejecutados por la mano derecha, anotándolos en la parte derecha de la hoja de análisis de la figura 100. En la segunda imagen de la película, en la esquina superior izquierda de la figura 99, la mano derecha de la operaria está empezando el movimiento *transporte en vacío* al trasladarse hacia el depósito de las arandelas de seguridad. Por consiguiente, se registra la lectura del reloj, que es 595, en la primera columna, debajo del encabezamiento *Lectura del reloj* en la parte de la mano derecha de la figura 100. El símbolo del therblig *transporte en vacío* se pone en la tercera columna y se anota la descripción del movimiento. A continuación se examina la película, imagen

(1) La mejor práctica es dejar que el símbolo del *therblig* indique la acción, ahorrándose el verbo en la descripción. Por consiguiente, la descripción del primer *therblig* debiera haber sido "Montaje a la caja", en lugar de "Lleva el montaje a la caja". En este libro se han incluido los verbos en las hojas de análisis y en los gráficos de movimientos simultáneos, para ayudar al lector a aprender los significados de los símbolos de los *therbligs.*



DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION

HOJA DE ANALISIS PARA ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

FECHA DE LA PELICULA: MES | DIA | AÑO

NOMBRE DEL OPERARIO

OPERACION

TIEMPO DE LA PELICULA

TIEMPO DEL RELOJ: HORA | MINUTO | 1/2000 MINUTO

TIEMPO INDIVIDUAL: MINUTO | 1/2000 MINUTO

ELEMENTO Nº

SIMBOLO DEL THERBLIG

MOVIMIENTOS ELEMENTALES MOSTRADOS EN LA PELICULA

BRAZO: BRAZO, ANTEBRAZO, MUÑECA, PULGAR, INDICE, MEDIO, ANULAR, MEÑIQUE, PALMA

PIERNA: MUSLO, RODILLA, PANTORRILLA, TOBILLO, TALON, DEDOS DE LOS PIES

TRONCO: INCLINADO HACIA ADELANTE, " ATRAS, " A LA DERECHA, " A LA IZQDA., TORCIDO A LA DERECHA, " IZQUIERDA, ENCORVADO, ALZADO DE HOMBROS

CABEZA: BAJA, ALTA, VUELTA A LA DERECHA, " " IZQUIERDA, BOCA

OJOS: GLOBO, PUPILAS, CRISTALINO

INSPECCIONAR: VER, OLER, TOCAR, GUSTAR, OIR, SOPLAR, CONTAR

POSTURA: SENTARSE, LEVANTARSE, ARRODILLARSE, AGACHARSE, ANTEBRAZO DERECHO SUPINO, " IZQUIERDO ", MANO DERECHA SUPINA, " IZQUIERDA ", CABEZA SUPINO, ESPALDA SUPINO

LECTURAS DE MICROMOVIMIENTOS POR

HOJA ESCRITA POR

Nº DE HOJAS EN ESTE ESTUDIO

Nº DE ESTA HOJA

DATOS TOMADOS DE LA PELICULA Nº

VARIABLES

DESCRIPCION

FECHA DEL ANALISIS: MES | DIA | AÑO

ELEMENTO Nº: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 33, 34, 35, 36

FIG. 98.—Modelo de impreso para un análisis completo de micromovimientos.

FIG. 99.—Película mostrando un ciclo completo del montaje de perno y arandela. Método antiguo.

or imagen, hasta que se encuentra el punto en que termina el movimiento de *transporte en vacío* para la mano derecha y comienza el movimiento siguiente. El movimiento es largo, debido a que la mano se mueve despacio, a fin de dar tiempo a la izquierda para que suelte el montaje y coja un perno. Hay que llegar hasta la imagen situada en la mitad de la segunda fila de fotografías de la figura 99, para ver que la operaria comienza a *seleccionar* y *coger* una arandela de presión del depósito que está sobre la mesa. Se lee 621 en el reloj y se anota el dato

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS
HOJA DE ANALISIS

PIEZA Montaje de perno y arandela - Método antiguo — DEPARTAMENTO AY16 — PELICULA Nº B21
OPÉRACION Montar 3arandelas en un perno — OP. Nº A32
OPERARIO M. Smith 1C634 — FECHA 26-1-48 — ANALIZADO POR M.E.R. — HOJA Nº 1 DE 1

LECTURA DEL RELOJ	DIFERENCIA DE TIEMPO	SIMBOLO DEL THERBLIG	DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	LECTURA DEL RELOJ	DIFERENCIA DE TIEMPO	SIMBOLO DEL THERBLIG	DESCRIPCION MANO DERECHA
595	7	TC	Lleva el montaje a la caja	595	26	TV	Se dirige hacia las arandelas de seguridad
602	2	DC	Suelta el montaje	621	6	S+C	Selecciona y coge una arandela
604	4	TV	Se dirige hacia los pernos	627	7	TC	Lleva la arandela al perno
608	2	S+C	Selecciona y coge un perno	634	6	PP	Pone la arandela en posición
610	17	TC	Lleva el perno a la posición de trabajo	640	12	M+DC	Monta la arandela en el perno y la suelta
627	5	PP	Pone el perno en posición	652	8	TV	Se dirige hacia las arandelas de acero
632	104	So	Sostiene el perno	660	8	S+C	Selecciona y coge una arandela
736	7	TC	Lleva el montaje a la caja	668	9	TC	Lleva la arandela al perno
743	2	DC	Suelta el montaje	677	3	PP	Pone la arandela en posición
745				680	10	M+DC	Monta la arandela de acero y la suelta
				690	6	TV	Se dirige hacia las arandelas de goma
				696	10	S+C	Selecciona y coge una arandela de goma
				706	9	TC	Lleva la arandela al perno
				715	5	PP	Pone la arandela en posición
				720	16	M+DC	Monta la arandela y la suelta
				736			
			Tiempo en 2000avos de minuto				

FIG. 100.—Hoja de análisis para el montaje de perno y arandela. Método antiguo.

en la hoja de análisis, y así sucesivamente para lo que queda del ciclo. Una vez realizado el análisis de las dos manos, y obtenida la diferencia de tiempos, se puede hacer fácilmente un gráfico exacto de la totalidad del ciclo. La mano izquierda se analiza independientemente de la mano derecha, excepto en que el ciclo tiene que empezar y terminar, aproximadamente, en el mismo punto para las dos manos. Se ha de recordar que las diferencias de tiempo mostradas en la figura 100 van expresadas en 2000-avos de minuto.

Pueden analizarse tantos ciclos de la operación como se crea conveniente. Por lo general, basta con uno o dos si se escogen con cuidado.

Construcción de diagramas de ciclos de movimientos simultáneos. El tiempo de cada *therblig* registrado en la hoja de análisis se puede representar a escala en un diagrama de ciclos de movimientos simultáneos, comúnmente conocido como *simograma.* Tanto la hoja de análisis

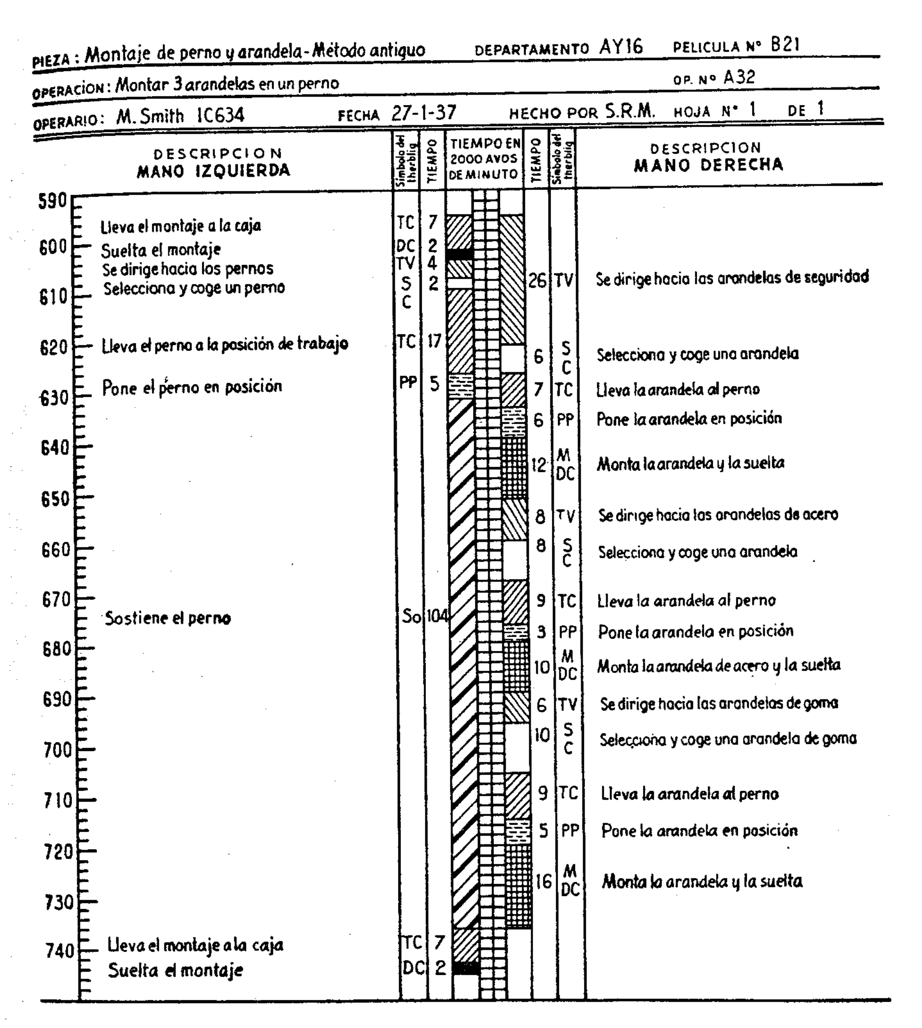


FIG. 101.—Simograma del montaje de perno y arandela. Método antiguo.

como el simograma pueden hacerse con independencia, o bien puede construirse el simograma a partir de los datos de la hoja de análisis.

Cuando se construye un simograma de todos los miembros del cuerpo que se mueven, se suele usar una hoja de papel de 55 cm de ancho con cuadriculado de 2,5 mm de lado. Para operaciones que duran más de medio minuto, algunos analistas emplean papel cuadriculado de 1,25 o 1 mm de lado, a fin de reducir el tamaño de la hoja. No obstante, como en este papel las divisiones son más pequeñas, su empleo es más difícil que el de cuadriculado a 2,5 mm. A menudo se imprimen en grandes cantidades encabezamientos como los mostrados en la parte superior de la figura 98, que luego se pegan convenientemente en el papel cuadriculado.

No obstante, para muchas operaciones no es necesario construir un diagrama completo de todos los miembros del cuerpo que se mueven. En la figura 101 se muestra un diagrama de movimientos simultáneos para las dos manos en el montaje de perno y arandelas. El procedimiento a seguir para construir un diagrama que muestre los movimientos de los brazos, piernas, cabeza, tronco y otras partes del cuerpo es absolutamente idéntico.

La escala vertical del centro del diagrama de la figura 101 representa el tiempo en 2000-avos de minuto. En el diagrama aparecen la descripción del *therblig,* su símbolo, color y posición relativa en el ciclo. El tiempo necesario para cada movimiento se dibuja a escala en la columna y se colorea para representar dicho movimiento. La disposición de la hoja es muy semejante a la hoja de análisis. La lectura 595 del reloj es la del comienzo del movimiento *transporte con carga,* para la mano izquierda; en consecuencia, se sitúa este punto en la escala vertical por medio de una línea horizontal en la parte superior de la columna. El primer movimiento—*transporte con carga*—necesitó siete *parpadeos* (7/2000 de minuto); por consiguiente, se cuentan siete divisiones sobre la columna vertical para la mano izquierda y se marca una línea horizontal. El espacio que queda encima de la línea horizontal se colorea entonces de color verde (2), con un lápiz número 375. El *therblig* siguiente para la mano izquierda es *dejar la carga,* que necesitó dos *parpadeos.* Este tiempo transcurrido se marca de forma semejante en la escala vertical, inmediatamente debajo de la línea anterior, y se traza una nueva horizontal. A la superficie de este *therblig* se le da un color rojo. De la misma forma se van marcando los demás *therbligs,* coloreándolos con sus colores normalizados. Los movimientos de la mano derecha se dibujan a escala en la parte derecha del diagrama, de la misma forma que se hizo con los de la mano izquierda.

La figura 102 muestra el diagrama de movimientos simultáneos para

(2) Como no se puede reproducir el color en este libro, en su lugar se usan los símbolos de los colores. Para los colores normalizados de los *therbligs,* véase figura 83.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

SIMOGRAMA

PIEZA: Montaje de perno y arandela - Método perfeccionado DEPARTAMENTO AY16 PELICULA N° X75

OPERACION: Montar 3 arandelas en un perno OP. N° A32

OPERARIO: M.S. Bowen FECHA 11-2-37 HECHO POR S.R.M. HOJA N° 1 DE 1

	DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	Símbolo del therblig	TIEMPO	TIEMPO EN 2000 AVOS DE MINUTO	TIEMPO	Símbolo del therblig	DESCRIPCION MANO DERECHA
600							
	Se dirige a las arandelas de goma	TV	10		10	TV	Se dirige a las arandelas de goma
	Selecciona y coge una arandela	SC	1		1	SC	Selecciona y coge una arandela
620	Desliza la arandela a la plantilla	TC	13	20	13	TC	Desliza la arandela a la plantilla
	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta	PP DC	14		14	PP DC	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta
640				40			
	Se dirige a las arandelas de acero	TV	12		12	TV	Se dirige a las arandelas de acero
	Selecciona y coge una arandela	SC	1		1	SC	Selecciona y coge una arandela
660	Desliza la arandela a la plantilla	TC	17	60	17	TC	Desliza la arandela a la plantilla
	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta	PP DC	13		13	PP DC	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta
680				80			
	Se dirige a las arandelas de seguridad	TV	12		12	TV	Se dirige a las arandelas de seguridad
	Selecciona y coge una arandela	SC	1		1	SC	Selecciona y coge una arandela
700				100			
	Desliza la arandela a la plantilla	TC	14		14	TC	Desliza la arandela a la plantilla
	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta	PP DC	8		8	PP DC	Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta
720				120			
	Se dirige hacia los pernos	TV	10		10	TV	Se dirige hacia los pernos
	Selecciona y coge un perno	SC	10		10	SC	Selecciona y coge un perno
740				140			
	Lleva el perno a la plantilla	TC	12		12	TC	Lleva el perno a la plantilla
	Pone el perno en posición	PP	8		8	PP	Pone el perno en posición
760				160			
780	Introduce el perno por las arandelas	M	48	180	48	M	Introduce el perno por las arandelas
800				200			
	Saca el montaje	D	3		3	D	Saca el montaje
	Lleva el montaje a la parte superior de la deslizadera de gravedad	TC	10		10	TC	Lleva el montaje a la parte superior de la deslizadera de gravedad
820	Suelta el montaje	DC	1	220	1	DC	Suelta el montaje

FIG. 102.—Simograma del montaje de perno y arandela. Método perfeccionado

un ciclo del *método perfeccionado* de montar pernos y arandelas, descrito en la página 224.

Análisis de la operación de formación de eslabones.—El autor ha realizado una serie de estudios sobre la sencilla operación de curvar los extremos de un trozo de alambre, a fin de formar un eslabón para una máquina de escribir portátil (Fig. 103). Como esta operación necesita del uso de una plantilla y, además, es corta, se utilizará como ejemplo.

Fig. 103.—Eslabón para máquina de escribir portátil: *A*, alambre de acero; *B*, eslabón con un gancho formado; *C*, eslabón terminado.

La cámara tomavistas utilizada para hacer la película de esta operación estaba accionada por un motor síncrono y funcionaba a la velocidad constante de 1000 exposiciones por minuto. Por consiguiente, no era necesario el uso de ningún microcronómetro y el intervalo de tiempo entre una imagen de la película y la siguiente era de 1/1000 de minuto exactamente (Véase Fig. 105).

Descripción de la operación de formación de eslabones.—El material del cual se hacían los eslabones era alambre de acero de 1,143 mm de diámetro, cortado en trozos de una longitud uniforme, igual a 3 cm. El material venía en cajas metálicas, que el operario vaciaba encima

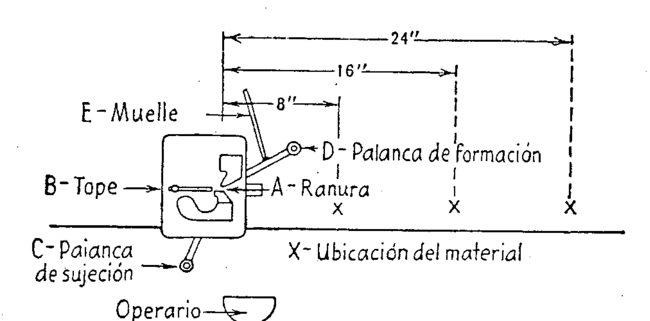


Fig. 104.—Plantilla y disposición del lugar de trabajo para formar eslabones.

del banco, cubierto con un linóleo, en la parte derecha de la plantilla, a medida que lo necesitaba. El eslabón se formaba de la siguiente manera.

El trozo de película representado en la figura 105 reproduce cada elemento de un ciclo completo. La plantilla se fijaba al banco, de forma que su parte superior se encontrara a 7 cm por encima del mismo, mientras que este se encontraba a 68 cm sobre el suelo. Se desperdigaba el material por encima del banco de trabajo, para que pudiera

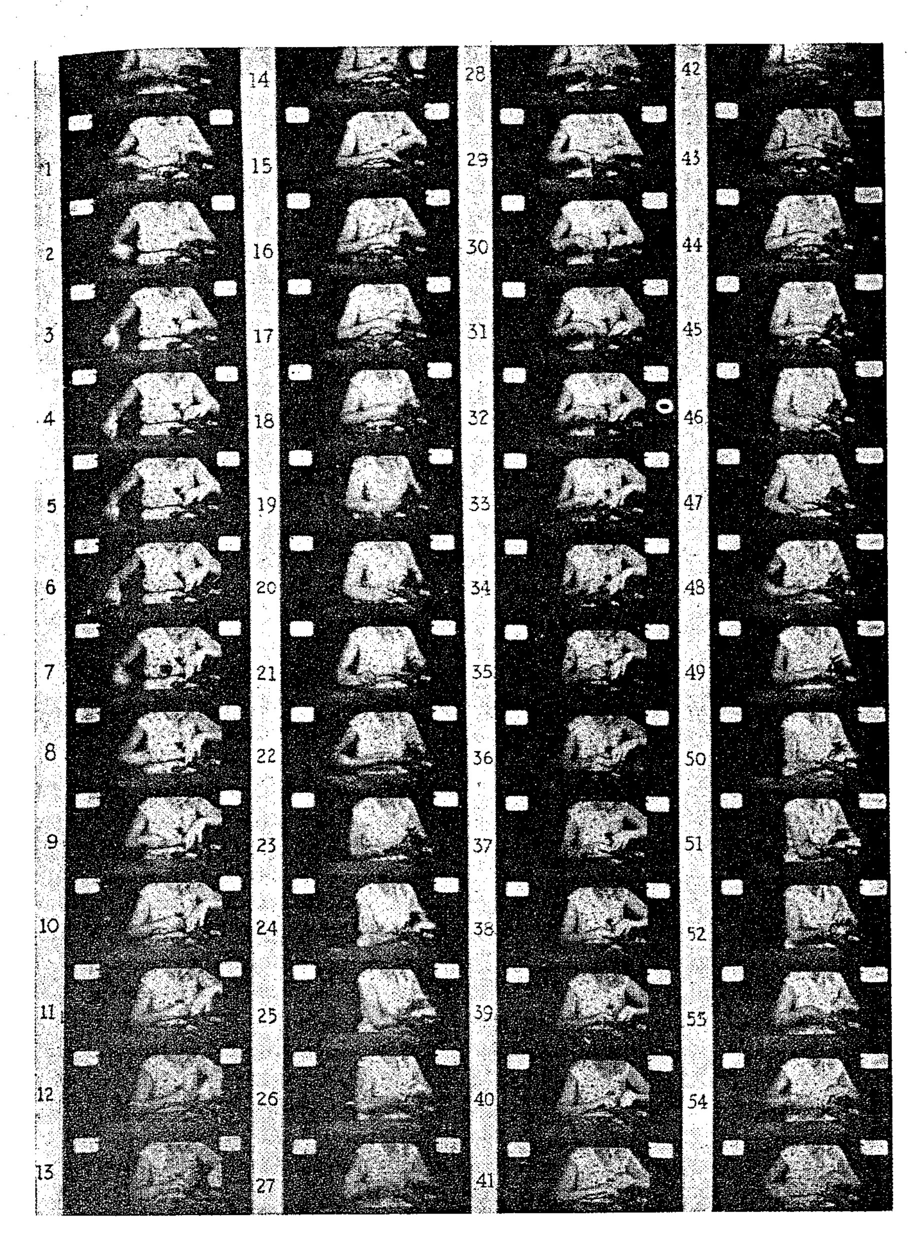


Fig. 105.—Película en la que se muestra un ciclo completo de la operación de formar un eslabón.

cogerse con más facilidad. La operaria, sentada detrás del banco de trabajo, cogía un trozo de material con el pulgar y el índice de la mano derecha, lo llevaba hacia la izquierda y lo introducía en la ranura *A* de la plantilla (véase Fig. 104). Empujaba el material hasta el tope *B* y, a la vez, lo sujetaba, accionando la palanca *C* hacia la izquierda con ayuda de su mano izquierda. A continuación, su mano derecha cogía la palanca de formación *D,* situada en la parte derecha de la plantilla del banco, y hacía girar, a unos 7 cm por encima, un ángulo de unos 180° en la dirección de las agujas de un reloj, tomando como centro el de la plantilla y con un radio de giro de 20 cm. La palanca se movía en un plano paralelo a la superficie superior del banco y este movimiento formaba el gancho de uno de los extremos del eslabón. A continuación, la operaria volvía a situar la palanca en su posición original, haciéndola girar en sentido contrario. Para facilitar esta operación existía un muelle *E,* sujeto a la palanca de formación y al banco de trabajo, que se encargaba de devolver la palanca a su sitio desde la mitad de la distancia de regreso, por lo cual la operaria solo debía moverla la otra mitad.

Una vez que la operaria había soltado el mango de la palanca, movía ligeramente su mano hacia su derecha, hasta una posición a unos 10 cm por delante de ella, y esperaba un instante mientras su mano izquierda sacaba el eslabón formado a medias de la ranura de la plantilla. Entonces, las dos manos cogían el eslabón para darle la vuelta y colocarlo de nuevo en la ranura, cuidando de hacerlo de modo que, una vez formado el segundo gancho, estuviera en el mismo lado que el primero. Mientras la mano derecha sujetaba el eslabón en su sitio en la plantilla, la mano izquierda movía la palanca *C* hacia la izquierda, sujetando el eslabón en la ranura, como en la primera parte del ciclo. Acto seguido, la mano derecha cogía el mango de la palanca de formación, hacía girar esta última 180° aproximadamente, y con ello formaba el segundo extremo del eslabón. Mientras la mano derecha se dedicaba a esta tarea, la mano izquierda mantenía la palanca *C* en la posición extrema izquierda, sujetando el eslabón en la plantilla mientras estaba siendo formado. Una vez el eslabón formado, la mano derecha devolvía la palanca de formación a su posición original, soltando el mango de dicha palanca justamente enfrente de la operaria. Acto seguido se movía hacia la derecha para coger otro trozo de material, con objeto de empezar el ciclo siguiente. Mientras tanto, la mano izquierda soltaba el mango de la palanca *C,* y se trasladaba hacia adelante para sacar el eslabón terminado de la ranura de la plantilla. Esta mano transportaba luego el eslabón hacia la izquierda y lo depositaba encima del banco de trabajo. Durante este tiempo, la operaria miraba hacia la derecha, en donde su mano derecha estaba cogiendo un trozo de material para el ciclo siguiente.

La figura 106 muestra el diagrama de movimientos simultáneos para la operación de formación de eslabones.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

SIMOGRAMA

PIEZA: Eslabón de máquina de escribir DEPARTAMENTO 9 PELICULA N° C18

OPERACION: Formar eslabón para máquina de escribir OP. N° G 11

OPERARIO: A.S Sanders A 2 FECHA 15-2-37 HECHO POR S.A.R. HOJA N° 1 DE 1

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	Símbolo del therblig	TIEMPO	TIEMPO EN 1000 AVOS DE MINUTO	TIEMPO	Símbolo del therblig	DESCRIPCION MANO DERECHA
Devuelve a su posición la palanca de sujeción y la suelta	TC DC	2				
Se mueve hacia la plantilla	TV	3		4	TV	Se dirige hacia el material
				2	S C	Selecciona y coge una pieza
Coge el eslabón formado en la plantilla	C	6				
				6	TC	Lleva la pieza a la plantilla
Lleva el eslabón formado hacia la izquierda y lo suelta	TC DC	3				
Se mueve hacia la palanca de sujeción y coge el mango	TV C	3		6	PP DC	Introduce la pieza en la plantilla y la suelta
Mueve la palanca hacia la posición extrema izquierda	TC	3				
				2	TV C	Se dirige hacia la palanca de formación y coge el mango
Sostiene la palanca en esta posición	So	6		5	U	Forma el primer gancho del eslabón
Devuelve la palanca a su posición original y la suelta	TC DC	3		3	TC DC	Devuelve a su posición la palanca de formación y la suelta
Se mueve hacia la plantilla	TV	3		4	TV EI	Se mueve en dirección a la plantilla y espera a la mano izquierda
Coge la pieza y le da la vuelta en la plantilla y la suelta	C PP DC	8		4	TV	Se mueve hacia la plantilla
Se mueve hacia la palanca de sujeción y coge el mango	TV C	3		8	PP	Ayuda a la mano izquierda a volver la pieza
Mueve la palanca hacia la posición extrema izquierda	TC	3				
				2	TV C	Se dirige hacia la palanca de formación y coge el mango
Sostiene la palanca en esta posición	So	8		5	U	Forma el segundo gancho del eslabón
Devuelve a su posición la palanca de sujeción y la suelta				3	TC DC	Devuelve a su posición la palanca de formación y la suelta

FIG. 106.—Simograma de la operación de formar un eslabón.

Análisis completo de los movimientos de las manos.—A veces surgen confusiones al hacer un análisis de movimientos de las manos izquierda y derecha, debido a que unos miembros del brazo están ejecutando ciertos movimientos, mientras otros miembros realizan otros movimientos. Por ejemplo, el primer movimiento del diagrama de movimientos simultáneos de la figura 107 muestra que el pulgar y los dedos índice y medio de la mano derecha están cogiendo, mientras que la palma y los dedos anular y meñique de la misma mano están sosteniendo la plegadera. La operación se refiere al doblado y plegado de hojas de papel por el método perfeccionado descrito en la página 244. La mano derecha lleva la plegadera en todo momento, aunque la utiliza solo durante una parte pequeña del ciclo.

Cuando se realiza un estudio completo de una operación, se analiza por separado cada miembro del brazo, esto es, brazo, antebrazo, muñeca, dedo índice, medio, etc. Se hace volver la película al punto de partida después del análisis de cada miembro y se dispone una columna separada en el diagrama de movimientos simultáneos para el registro de los movimientos de cada uno de ellos. Aunque la figura 107 no muestra los movimientos de la cabeza, tronco y piernas, sí refleja todos los movimientos de los brazos, manos y dedos.

De haberse hecho un simograma sencillo de las manos izquierda y derecha, se mostrarían únicamente aquellos *therbligs* realizados por el pulgar y los dedos índice y medio. En la hoja se habría puesto una anotación, haciendo constar que la mano derecha transportaba la plegadera durante la totalidad del ciclo.

Uso del diagrama de movimientos simultáneos.—Una vez terminado el diagrama de movimientos simultáneos, comienza la tarea de buscar una forma mejor de realizar la operación. El primer paso para ello es, generalmente, un estudio minucioso del diagrama.

El diagrama de movimientos simultáneos ayuda a formarse una idea de la totalidad del ciclo en todos sus detalles y a lograr mejores combinaciones de los movimientos más deseables. El diagrama de la figura 101 muestra muy claramente que se usa la mano izquierda para sostener el perno durante la mayor parte del ciclo. Este hecho sugiere inmediatamente el uso de algún dispositivo mecánico que permita a la mano izquierda dedicarse, como la derecha, a un trabajo más útil.

Con frecuencia se comprueba que el orden de movimientos de un trabajo puede utilizarse en otras clases de trabajo o que un orden de movimientos especialmente bueno para una operación sugiere un orden más conveniente en otra. El diagrama de movimientos simultáneos muestra con mucha claridad las esperas que se producen en el ciclo y ayuda a buscar una forma eficaz de eliminarlas.

En los cinco capítulos siguientes se dan algunos métodos para abordar el problema de perfeccionar los métodos de ejecución de una tarea determinada.

Diagrama de posibilidad.—Se puede proceder a construir un dia-

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

SIMOGRAMA

PIEZA: Papel de embalar — DEPARTAMENTO 8P12 — PELICULA Nº KDL 8

OPERACION: Doblar papel de embalar — OP. Nº FD 15

OPERARIO: S. Harrison L2764 — FECHA 18-2-37 — HECHO POR S.A.R. — HOJA Nº 1 DE 1

Columnas: BRAZO, ANTEBRAZO, MUÑECA, PULGAR, INDICE, MEDIO, ANULAR, MEÑIQUE, PALMA (para cada mano)

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	SIMBOLO DEL THERBLIG	TIEMPO
Lleva la hoja doblada hacia la izquierda y la deja	TC DC	8
Se mueve hasta la esquina inferior izq. del montón	TV	4
Sostiene la esquina de la hoja	So	1
Coge la esquina de la hoja. Ayuda a la mano derecha a igualar los bordes de la hoja	C PP	6
Sostiene la esquina de la hoja en posición	So	10
Suelta la hoja y se mueve hacia el borde plegado de la hoja	DC TV	3
Coge borde inferior (cerca del pliegue) de la hoja doblada	C	1

TIEMPO	SIMBOLO DEL THERBLIG	DESCRIPCION MANO DERECHA
4	C	Coge la esquina inferior derecha de la hoja de papel
7	TC	Lleva el final de la hoja al borde izquierdo del montón
6	PP	Iguala los bordes de la hoja (en la esquina inferior izquierda)
4	DC TV	Suelta la esquina de la hoja y se mueve hacia la esquina inferior derecha del pliegue
5	U	Aplasta la longitud total del pliegue de una sola pasada en dirección opuesta al cuerpo
3	TV	Gira hacia la derecha del pliegue para introducir la punta de la plegadera por debajo del borde
1	TC	Levanta el borde plegado de la hoja con la punta de la plegadera
3	TV	Se mueve hacia la esquina inferior derecha de la hoja

FIG. 107.—Simograma del plegado de papel.

grama de posibilidad, una vez consideradas las sugerencias para el perfeccionamiento del método y cuando parezcan posibles cambios que merezcan la pena. Este diagrama pertenece al tipo de los de movimientos simultáneos y en él se representa el método propuesto. Un analista experto es capaz de dibujar dicho diagrama, enumerando por orden los movimientos necesarios con la indicación del tiempo de cada uno. Una persona entrenada en la técnica del estudio de micromovimientos y con experiencia en la construcción de diagramas de posibilidades puede realizarlos con un grado de exactitud sorprendente.

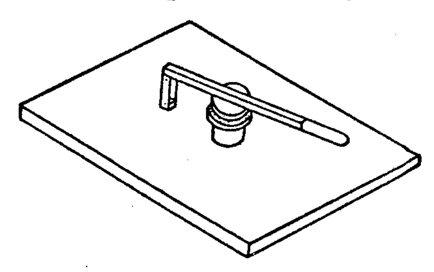


FIG. 108.—Dispositivo utilizado para prensar queso en un vaso por el método antiguo.

Simogramas modificados.—Algunas empresas prefieren anotar los movimientos y sus tiempos en el simograma, poniendo los valores de tiempo en una escala graduada, como la representada en las figuras 110 y 111. Entonces no se utilizan colores de identificación de los *therbligs*, y, además, los diagramas se pueden preparar con una máquina de escribir, usando papel carbón hectográfico y sobre impresos con tinta hectográfica. De esta forma se hicieron los simogramas del envasado de queso Cheddar en vasos de papel, reproducidos en las figuras 110 y 111.

En este caso, la Compañía tenía diversas sucursales dedicadas a empaquetar queso y a cada una de ellas se le enviaron los diagramas, junto con las películas de los métodos original y perfeccionado, a fin de que se pudieran beneficiar de este estudio.

Método original de envasar queso.—Anteriormente, para *colocar el forro, comprimir el queso en el vaso, fechar y enviar al empaquetador* se procedía como sigue. El operario, de pie ante la mesa, cogía un vaso situado en el extremo izquierdo de esta, lo colocaba ante él, plegaba el papel de estaño sobre el queso, lo ponía en una plantilla de accionamiento manual, como la indicada en la figura 108 y bajaba la palanca, que comprimía el queso dentro del vaso. A continuación sacaba el vaso de la plantilla, colocaba una hoja de cubierta y lo cubría con una tapa. Luego, daba la vuelta al vaso y estampaba la fecha en la parte inferior, utilizando un sello y un tampón.

Al realizar trabajos de investigación sobre operaciones que parecen prestarse a la utilización de plantillas dobles, es deseable, con frecuencia, registrar en el simograma los movimientos realizados para producir dos unidades, ya que resulta más fácil la comparación entre los métodos antiguo y perfeccionado. Esto es lo que se ha hecho en la figura 110.

Teniendo presente esta nueva plantilla, el ingeniero marcó líneas verticales continuas junto a los movimientos que pensó podían eliminarse por completo y líneas verticales de trazos al lado de los movimientos que supuso podrían reducir su tiempo. Este procedimiento da una idea definida de los ahorros potenciales que se podrían esperar una vez construidas y utilizadas las plantillas.

Método perfeccionado.—Después de creado y puesto en servicio, se hizo una película y un diagrama de movimientos simultáneos del método perfeccionado de envasar queso (véanse Figs. 109 y 111). Este consistía en coger de un transportador de correa un vaso lleno de queso

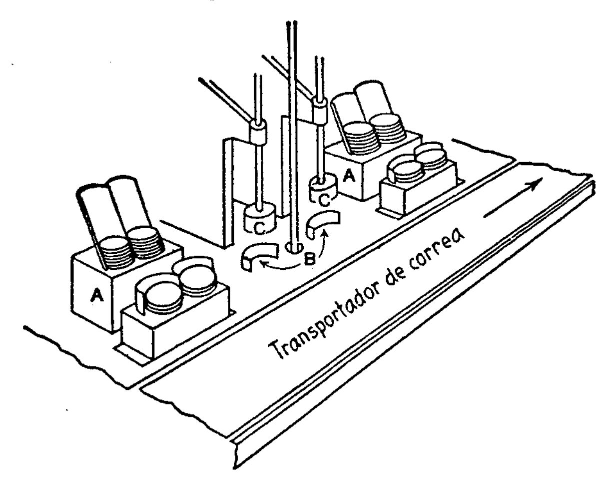


FIG. 109.—Plantilla utilizada para prensar queso en un vaso por el método perfeccionado: *A*, suministro de forros de papel de estaño, tapas, etc.; *B*, nidos para poner los vasos en posición debajo de los émbolos; *C*, émbolos (accionados por el pie) para prensar el queso dentro de los vasos.

con cada mano y colocar ambos en el borde anterior de la mesa. Entonces, las dos manos plegaban el papel de estaño en el primer vaso y colocaban este en un nido de la plantilla.

Después plegaban el papel de estaño en el segundo vaso y lo colocaban en otro nido en la plantilla. Ambas manos sostenían los dos vasos, mientras el pie accionaba los dos émbolos que, verticalmente, comprimían el queso dentro de los vasos. A continuación, el operario cogía una hoja de cubierta y una tapa con cada mano y las colocaba en los vasos. Se separaban los vasos de las plantillas unos pocos centímetros, se presionaban las tapas para ponerlas en su sitio y se daba vuelta a los vasos para sellar las fechas en el fondo de cada uno de ellos.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

SIMOGRAMA

PIEZA: ½ lb y 1 lb de queso de Cheddar — PELICULA N° S1486

OPERACION: Colocar forro, prensar el queso en el vaso, fechar, enviar al empaquetador — OP. N°

FECHA: 18-12-47

OPERARIO: M. Sanderson — HECHO POR: M.G.S. — HOJA N° 1 de 1

N° DE UNIDADES POR CICLO: 2 vasos — METODO ACTUAL: X — METODO PERFECCIONADO:

MANO IZQUIERDA

Elemento	milésimas de minuto
T.V. Hacia el vaso y ayudar a la mano derecha	10
Colocar el forro sobre el queso	28
Ayudar a la mano derecha	5
T.V. Hacia el vaso y cogerlo	8
Colocar el vaso en posición para prensar	15
Sostener el vaso	11
Dejar el vaso en la mesa	7
T.V. Coger las hojas de cubierta, sostener mientras la mano derecha las coloca. (6 a la vez)	18
Ayudar a colocar la tapa	13
Apartar el vaso a un lado	5
Poner el vaso siguiente en posición	14
Poner los vasos boca abajo (uno en cada mano)	10
T.V. Por el tampón, sostener mientras la mano derecha sella, dejar el tampón a un lado	13
Empujar hacia el empaquetador (uno en cada mano)	5
T.V. Hacia el vaso y ayudar a la mano derecha	10
Colocar el forro sobre el queso	28
Ayudar a la mano derecha	5
T.V. Hacia el vaso y cogerlo	8
T.C. Vaso en posición para prensar	15
Sostener el vaso	11
T.C. Para dejar el vaso en la mesa	7
T.V. Coger las hojas de cubierta sostener mientras la mano derecha las coloca. (6 a la vez)	18
Ayudar a colocar la tapa	13
Apartar el vaso a un lado	5
Poner el vaso siguiente en posición	14
Poner los vasos boca abajo (uno en cada mano)	10
Alcanzar el tampón, sostener mientras la mano derecha sella, dejar el tampón a un lado	13
Empujar hacia el empaquetador (uno en cada mano)	5

MANO DERECHA

Elemento	milésimas de minuto
T.V. Hacia el vaso y ponerlo en posición	10
Colocar el forro sobre el queso	26
Dejar el vaso a un lado	7
Sostener la palanca en alto	17
Bajar la palanca prensando el queso en el vaso, levantarla	17
Sostener la palanca en alto	7
T.V. Hacia las hojas de cubierta de la mano izquierda, cogerlas y colocarlas sobre el queso en el vaso	18
Colocar la tapa y T.V. para la tapa siguiente	32
Igual que la izquierda	10
T.V. Por el sello, sellar la tapa, dejar el sello; promedio 12 cada vez	13
Igual que la izquierda	5
T.V Hacia el vaso y ponerlo en posición	10
Colocar el forro sobre el queso	26
T.C. y D.C. del vaso	7
Sostener la palanca en alto	17
Bajar la palanca prensando el queso en el vaso, levantarla	17
Sostener la palanca en alto	7
T.V. Hacia las hojas de cubierta de la mano izquierda, cogerlas y colocarlas sobre el queso en el vaso	18
Colocar la tapa y T.V. para la tapa siguiente	32
Igual que la izquierda	10
T.V. Por el sello, sellar la tapa, dejar el sello; promedio 12 cada vez	13
Igual que la izquierda	5

Total: 324

NOTA: A fin de comparar los métodos antiguo y moderno, el ciclo de un vaso del método antiguo se ha registrado dos veces

——— Indica el elemento que probablemente puede eliminarse totalmente

- - - - Indica el elemento que probablemente puede reducirse

FIG. 110.—Simograma modificado, aplicado a una operación en el proceso de empaquetado de queso Cheddar en vasos de papel por el método antiguo. Tamaño del diagrama, 21,6 × 43,2 cm.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

SIMOGRAMA

PIEZA: ½ lb y 1 lb de queso de Cheddar — PELICULA N° S1347

OPERACION: Colocar forro, prensar el queso en el vaso, fechar, enviar al empaquetador — OP. N° C-27

FECHA: 12-1-48

OPERARIO: M. Sanderson — HECHO POR: M.G.S. — HOJA N° 1 de 1

N° DE UNIDADES POR CICLO: 2 vasos — METODO ACTUAL: — METODO PERFECCIONADO

MANO IZQUIERDA

Elemento	milésimas de minuto
T.V. y C. vaso	7
T.C. y D.C. del vaso	9
Poner el forro de papel de estaño en el primer vaso	28
D.C. y T.V.	6
C. y T.C. para ponerlo en posición	6
Poner el forro de papel de estaño en el segundo vaso	28
Coger vaso	5
Deslizarlo a la posición para prensar	9
Sostener mientras se prensa	7
T.V. Hacia las hojas de cubierta	4
Coger las hojas de cubierta	22
T.C. Hacia la tapa	5
Poner en posición las hojas de cubierta y coger la tapa	7
T.C. Hacia el vaso	10
Poner en posición	6
Deslizar hacia afuera de 7 a 10 cm.	4
Empujar la tapa hacia abajo	3
Coger	4
Darle la vuelta y D.C.	11
Inactiva	29

MANO DERECHA

Elemento	milésimas de minuto
T.V. y C vaso	8
T.C. y D.C. del vaso	10
Ayudar a la mano izquierda a poner el forro de papel de estaño en el primer vaso	26
Deslizar hacia el hueco	6
T.V. Hacia el vaso siguiente	6
Ayudar a la mano izquierda a poner el forro de papel de estaño en el segundo vaso	28
T.V. y C. primer vaso	4
Inactiva	10
Sostener mientras se prensa	7
Inactiva	5
T.V. hacia las hojas de cubierta	7
Coger las hojas de cubierta	14
T.C. hacia la tapa	8
Poner en posición las hojas de cubierta y coger la tapa	8
T.C. Hacia el vaso	6
Poner en posición	6
Deslizar hacia afuera de 7 a 10 cm.	4
Empujar la tapa hacia abajo	3
Coger	4
Darle la vuelta y D.C.	11
T.V. Hacia el sello	3
C. y T.C. Para llevar el sello al vaso	5
Sellar dos vasos	13
T.C. y D.C. del sello	8

Total: 210 (frente a 324)

Reducción neta 35 %

Las 40 imágenes últimas de esta operación podrían eliminarse sellando desde el fondo a la vez que se prensa

FIG. 111.—Simograma modificado, aplicado a una operación en el proceso de empaquetado de queso Cheddar en vasos de papel por el método perfeccionado. Tamaño del diagrama, 21,6 × 43,2 cm.

Colocando uno al lado del otro los dos diagramas de movimientos simultáneos, se pueden ver con una simple ojeada los cambios que se hicieron en el método. Originalmente se necesitaban 0,324 minutos para dos vasos, mientras que con el método perfeccionado se necesitan solo 0,210 minutos para dos vasos, lo que supone una reducción de tiempo del 35 por 100.

CAPITULO XV

USO DE LOS MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES DE LAS MANOS

Aunque se ha definido cada uno de los *therbligs* en un capítulo anterior resulta necesario dar una explicación más amplia en ciertos casos. Parte de la técnica corriente en el trabajo de perfeccionamiento de los métodos es eliminar movimientos o conseguir una disposición mejor de los que son indispensables, ya que para la ejecución de cada movimiento se necesita que el obrero gaste cierto tiempo y energía. En este capítulo se da información encaminada a facilitar un uso mejor de los *therbligs,* incluyendo, a continuación de la exposición de cada uno de ellos, una lista de comprobación.

Seleccionar.—El tiempo de realizar una selección es generalmente tan corto que resulta imposible medirlo con la cámara tomavistas a velocidades normales. Cuando sucede esto, se aconseja combinarlo con el movimiento precedente o posterior. En la práctica está bien combinar seleccionar con coger, ya que este sigue generalmente a aquel. En la hoja de análisis se deben anotar los símbolos de ambos movimientos, y en el simograma se debe usar el color del movimiento predominante que, por lo general, será el movimiento combinado con seleccionar.

Como se ve el color con mayor rapidez que la forma, debe emplearse, siempre que sea posible, como ayuda en la selección o clasificación de objetos. Por ejemplo, para clasificar positivos de fotografías, después de las operaciones de impresión, revelado y secado, se comprobó la ventaja de utilizar colores diferentes para sellar números de identidad en el dorso del papel antes de su impresión. La clasificación por el color de la tinta se hace con mucho mayor rapidez y facilidad que por una clave de letras o números.

De igual forma, si se pinta una herramienta del mismo color que el lugar donde se ha de guardar dentro del cajón, ahorra tiempo tanto para guardarla como para encontrarla la vez siguiente (1).

Lista de comprobación para Seleccionar.

1) ¿Es adecuada la distribución de los artículos para eliminar su búsqueda?

(1) F. B. Gilbreth: *Motion Study,* pág. 47. Van Nostrand Co., Nueva York, 1911.

2) ¿Pueden normalizarse las herramientas y los materiales?
3) ¿Están bien rotulados las piezas y los materiales?
4) ¿Existen mejores disposiciones que faciliten o eliminen la selección, tal como un depósito con borde largo, una bandeja que deje previamente las piezas en posición y un recipiente transparente?
5) ¿Son intercambiables las piezas comunes?
6) ¿Están mezcladas las piezas y los materiales?
7) ¿Es satisfactoria la iluminación?
8) ¿Pueden dejarse las piezas en posición durante la operación precedente?
9) ¿Puede utilizarse el color para facilitar la selección de las piezas?

Coger.—Hay dos formas principales de coger: 1) *Coger por presión,* como, por ejemplo, un lápiz que se encuentra encima de la mesa apoyado horizontalmente; 2) *Coger sujetando,* como, por ejemplo, un lápiz que se encuentra encima de la mesa, con uno de sus extremos levantado unos 3 cm, de forma que el pulgar y los dedos puedan cogerlo rodeándolo (sujetándolo), en lugar de cogerlo pellizcándolo (2).

El resultado de una investigación (3) llevada a cabo sobre la forma de coger trozos pequeños de alambre en la fabricación de un eslabón para una máquina de escribir portátil (véase pág. 178), mostró que se necesitaba el doble de tiempo para coger una pieza por presión que sujetándola. La misma investigación reveló que el tiempo del movimiento de coger no estaba afectado grandemente por la distancia recorrida por la mano en el movimiento precedente o en el siguiente, permaneciendo constantes las demás condiciones.

En la tabla VI se dan los resultados de un estudio (4) del tiempo necesario para coger arandelas de una superficie plana usando la forma de coger sujetando y la de coger por presión (pellizco).

El operario cogía una arandela de una superficie plana, la transportaba una distancia de 12,5 cm y la dejaba en otra superficie plana. Se midió con gran exactitud el tiempo para los movimientos de coger, transporte con carga, poner en posición, dejar la carga y transporte en vacío. Se utilizaron arandelas circulares de 12,7 mm de diámetro, con

(2) Para una clasificación de "coger", véase figura 269.
(3) RALPH M. BARNES: "An Investigation of Some Hand Motions Used in Factory Work", *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 6, pág. 29. Para los resultados de otras investigaciones similares de estudios de movimientos véase "Studies of Hand Motions and Rhythm Appearing in Factory Work", de RALPH M. BARNES y M. E. MUNDEL, *Boletín* 12; "A Study of Hand Motions used in Small Assembly Work", *Boletín* 16; "A Study of Simultaneous Symmetrical Hand Motions", *Boletín* 17, y "Studies of One- and Two-Handed Work", de RALPH M. BARNES, M. E. MUNDEL y JOHN M. MACKENZIE, *Boletín* 21.
(4) *University of Iowa Studies in Engineering. Boletín* 16, pág. 10.

un agujero de 3,17 mm en el centro y espesores de 0,79, 3,17, 6,35 y 12,7 mm.

El tiempo para coger sujetando tenía una tendencia a aumentar ligeramente cuanto mayor era el espesor de las arandelas, mientras que el tiempo para coger por presión disminuía marcadamente con el aumento de espesor. El tiempo para coger la arandela más delgada (0,79 mm de grueso) fue 297 por 100 mayor que para coger la más gruesa (12,7 milímetros de grueso).

Por lo general, es más rápido y más fácil transportar pequeños objetos deslizándolos que levantándolos. Coger un objeto pequeño, tal como una moneda o una arandela antes de transportarla por deslizamiento, consiste sencillamente en tocar la parte superior del objeto con la yema del índice. Mientras que coger el mismo objeto, levantándolo para transportarlo, consiste en aprisionar la pieza con el pulgar y el índice. Un estudio reciente (5) mostró que el movimiento de coger que precede al deslizamiento necesitaba solo 1/30 del tiempo requerido por el que precede al transporte levantándolo.

Lista de comprobación para Coger.

1) ¿Se puede coger más de un objeto a la vez?
2) ¿Pueden deslizarse los objetos en lugar de levantarlos?
3) ¿Se puede simplificar el trabajo de coger piezas pequeñas colocando un borde o labio en la parte anterior del depósito?
4) ¿Se pueden dejar en posición las herramientas y las piezas para que se cojan fácilmente?
5) ¿Puede utilizarse un destornillador especial, una llave de tubo o una herramienta combinada?
6) ¿Puede utilizarse ventajosamente el vacío, un imán, un dedal de goma u otro dispositivo?
7) ¿Se pasa el artículo de una mano a la otra?
8) ¿Permite el diseño de la plantilla o sujeción coger fácilmente la pieza para sacarla de aquella?

Transporte en vacío y transporte con carga.—El resultado de las investigaciones nos lleva a la conclusión de que: 1) se necesita más tiempo para mover la mano a través de una distancia larga que de una corta, permaneciendo constantes las otras condiciones; 2) que la velocidad media de la mano es mayor para las distancias largas que para las cortas, y 3) que en movimientos tales como el transporte en vacío y el transporte con carga, ejecutados por un operario experto, la mano pasa por caminos casi idénticos al ir de un sitio a otro en ciclos consecutivos de una operación repetitiva. El estudio particular referente a esta última cuestión se hizo proyectando una película, imagen a imagen,

(5) *Idem, Boletín* 6, pág. 32.

sobre una hoja de papel y marcando la posición de la punta del dedo índice. Conectando estos puntos mediante líneas trazadas a lápiz se obtuvo la trayectoria del movimiento en dos dimensiones. Colocando la cámara tomavistas perpendicularmente a la trayectoria del movimiento, fue posible obtener una aproximación al registro verdadero del recorrido del movimiento.

TABLA VI.—TIEMPO NECESARIO PARA COGER, TRANSPORTAR Y DEPOSITAR ARANDELAS SITUADAS EN UNA SUPERFICIE PLANA, COGIENDO "POR PRESIÓN" Y "SUJETANDO"

Espesor	0,79 mm.		3,17 mm.		6,35 mm.		12,7 mm.	
	Sujetando	Por presión	Sujetando	Por presión	Sujetando	Por presión	Sujetando	Por presión
Tiempo en minutos.	0,01527	0,01960	0,01524	0,01590	0,01630	0,01450	0,01750	0,01428
Tiempo en porcentaje (Tiempo más corto = = 100 %)	100	138	100	112	107	102	115	100

Un movimiento de la mano, tal como transporte en vacío o transporte con carga, está compuesto generalmente de tres fases: 1) la mano, partiendo de una posición de reposo, acelera hasta llegar a una velocidad máxima; 2) luego continúa a una velocidad uniforme. y 3) finalmente, reduce la velocidad hasta pararse. Si la mano cambia de dirección y regresa por el mismo camino, como cuando se traza una línea sobre una hoja de papel, habrá un espacio de tiempo apreciable, al final de cada pasada, durante el cual la mano estará parada mientras cambia de dirección (6).

Por ejemplo, un estudio (7) sobre un movimiento sencillo de la mano, de 25 cm de longitud, mostró que la distribución en estos casos es la siguiente: 38 por 100 del tiempo del ciclo para aceleración, 18 por 100 para movimiento a velocidad uniforme, 27 por 100 para deceleración y 17 por 100 para parada y cambio de dirección. (Véase figura 140).

(6) *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 6, págs. 37-51.
(7) *Idem,* pág. 48.

El tiempo necesario para mover la mano está afectado por la naturaleza de los movimientos que preceden y siguen al transporte. Por ejemplo, cuando se transporta un objeto frágil o delicado y se coloca con cuidado en un depósito pequeño, el tiempo para el transporte será mayor que cuando el transporte concluye de manera corriente, como, por ejemplo, al dejar caer un perno en una caja.

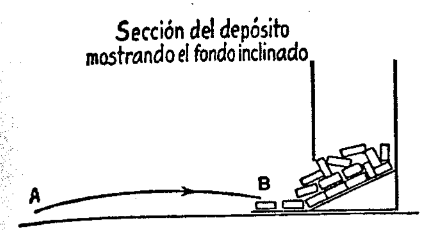


FIG. 112.—Movimiento en línea recta de la mano. La mano se mueve de *A* a *B* para coger una arandela que se encuentra en el borde del depósito. La sección del depósito muestra el fondo inclinado, por el que se deslizan las arandelas hacia adelante.

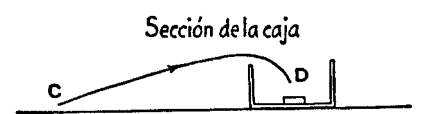


FIG. 113.—Se necesita un movimiento de mano más largo, porque tiene que llegar hasta el fondo de la caja para coger la arandela. La pared de la caja forma una barrera, obligando a la mano a cambiar la dirección al ir de *C* a *D*.

La forma en que se coge un objeto y la forma en que se ha de llevar y colocar pueden afectar también al tiempo de transporte (8).

En las figuras 112 y 113 se muestra el camino seguido por la mano para alcanzar una arandela pequeña. El tiempo de mover la mano desde *A* hasta *B* es menor que el requerido para recorrer la misma distancia desde *C* a *D*, debido al cambio de dirección de la mano en este último caso. Siempre que sea posible deben eliminarse las barreras y obstrucciones que retarden el movimiento libre de la mano o que requieran un cambio en la dirección.

Calibrado de arandelas de goma dura.—Se ha mencionado ya el hecho de que, generalmente, es más rápido y más fácil transportar objetos pequeños deslizándolos que levantándolos, y es evidente que, el que un *coger* y *deslizar* sea definidamente más rápido que un *coger* y *llevar*, resulta más de un movimiento de *coger* más corto que de un ahorro de tiempo en el transporte.

La inspección de espesores de arandelas pequeñas de goma dura es otro ejemplo del uso del transporte deslizante. El fin de esta operación

(8) *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 16, pág. 20.

es rechazar todas las arandelas demasiado gruesas o demasiado finas, así como aquellas que tengan rebabas en los bordes. Las arandelas tienen las dimensiones siguientes: diámetro exterior, 7,11 ± 0,05 mm; diámetro interior, 4,78 ± 0,05 mm, y espesor, 2,16 ± 0,13 mm. El calibre utilizado para esta operación (Fig. 114) fue ideado por W. R. Mullee cuando estaba empleado en la American Hard Rubber Company,

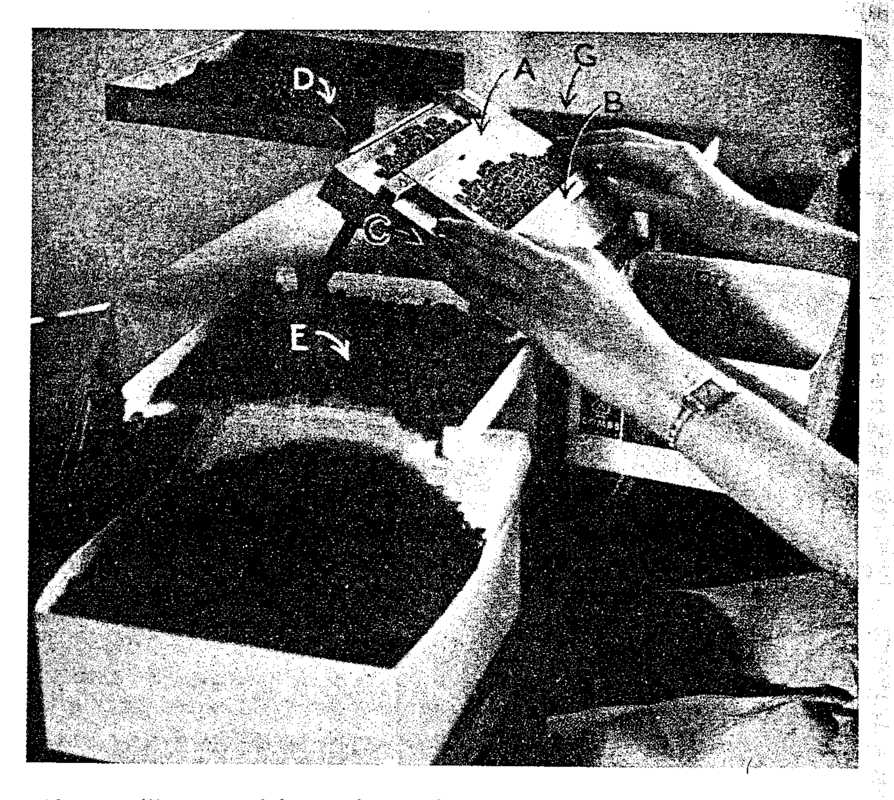


FIG. 114.—Calibre especial para inspeccionar el espesor de las arandelas de goma dura: *A*, calibre de "pasa"; *B*, calibre de "no pasa"; *C*, base del calibre; *D*, suministro de arandelas; *E*, arandelas rechazadas (tamaño mayor); *F*, arandelas rechazadas (tamaño menor); *G*, arandelas buenas.

La barra metálica *A* forma un calibre de *pasa* y la barra *B* uno de *no pasa* con la base *C*, que es una chapa metálica gruesa, formando ángulo con la parte superior de la mesa. Las arandelas que se han de inspeccionar se sacan a mano del depósito *D* para echarlas sobre la parte superior del calibre de *pasa*. Aquellas que no se deslizan debajo de la barra *A* son demasiado gruesas y se deslizan conjuntamente al

depósito *E*, a la izquierda del calibre. Las piezas que pasan a través del calibre *A* caen al compartimiento intermedio. Si son demasiado finas pasan a través del calibre *B* y caen en la caja *F*, colocada ante el operario. Las arandelas de espesor correcto se deslizan al depósito *G* de la derecha.

Todos los movimientos de las arandelas en esta operación son transportes deslizantes. En ninguna parte del ciclo se cogen las arandelas; no se manipulan individualmente, sino que se desplazan en grupos, arriba y abajo, sobre la plancha metálica y contra las barras calibres, a fin de que la gravedad pueda actuar como una fuerza que tiende a empujarlas a través del calibre.

La altura y ángulo que se dé al calibre sobre el nivel de la mesa de trabajo han de ser las que hagan la tarea lo más fácil y confortable posible. Con esta disposición, un operario puede inspeccionar 30.000 arandelas en un día.

Efecto del movimiento de los ojos en el tiempo de transporte.— Los movimientos y fijación de los ojos controlan frecuentemente la operación en cualquier actividad en que sean ellos los que hayan de dirigir las manos. En esta clase de trabajos es necesario estudiar la relación entre los movimientos de los ojos y los de las manos.

Se llevó a cabo un estudio (9) para obtener información respecto a la cuestión de cómo están coordinados los movimientos de ojo y de mano cuando se ejecutan movimientos simétricos simultáneos. Para esta investigación se utilizó una operación sencilla, consistente en coger una arandela con cada mano y colocarlas, con la parte brillante hacia arriba, en dos clavijas verticales situadas en el centro del lugar de trabajo (véase Fig. 115). Nueve operarios diferentes ejecutaron la operación y se registraron cuidadosamente los movimientos de los ojos y de las manos mediante una cámara tomavistas. La figura 116 muestra un diagrama de movimientos simultáneos de ojo y mano de un ciclo de la operación. El resultado de este estudio probó que, al dirigirse hacia las arandelas de los dos depósitos, los ojos iban primero al depósito derecho, luego al izquierdo y finalmente a las clavijas centrales. En la mayor parte de los casos, los ojos guiaban las manos hacia los depósitos y también hacia las clavijas. En esta operación parece que no existía diferencia en que los ojos enfocaran la clavija derecha o la izquierda. En apariencia, podían dirigir las manos igualmente bien, ya enfocaran una clavija u otra.

(9) Estudio realizado por el doctor D. U. Greenwald, en el Laboratorio de Ingeniería de Organización de la Universidad de Iowa.

Lista de comprobación para Transporte en vacío y Transporte con carga.

1. ¿Puede eliminarse por completo cualquiera de estos movimientos?
2. La distancia recorrida, ¿es la mejor?
3. ¿Se utilizan los medios apropiados, esto es, mano, pinzas, transportadores, etc.?
4. ¿Se utilizan los miembros (y músculos) del cuerpo adecuados, esto es, dedos, antebrazo, hombro, etc.?
5. ¿Puede utilizarse una deslizadora o un transportador?

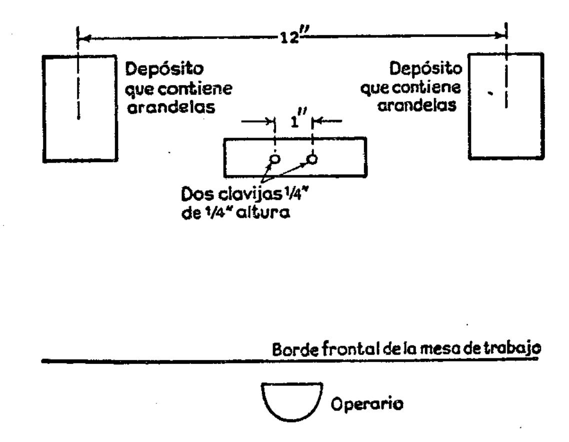


FIG. 115.—Disposición del lugar de trabajo para el montaje de arandelas en clavijas.

6. ¿Pueden efectuarse los transportes más satisfactoriamente en unidades mayores?
7. ¿Pueden ejecutarse los transportes por medio de dispositivos accionados con el pie?
8. ¿Se retrasa el transporte debido a que va seguido de un "poner en posición" delicado?
9. ¿Pueden eliminarse los transportes proveyendo al operario de pequeñas herramientas adicionales y situándolas cerca del punto de utilización?
10. ¿Están situadas cerca de su sitio de empleo las piezas de uso más frecuente?
11. ¿Se utilizan las bandejas y depósitos apropiados? Y ¿es correcta la distribución de la operación?
12. Las operaciones precedentes y siguientes, ¿están relacionadas con esta como es debido?

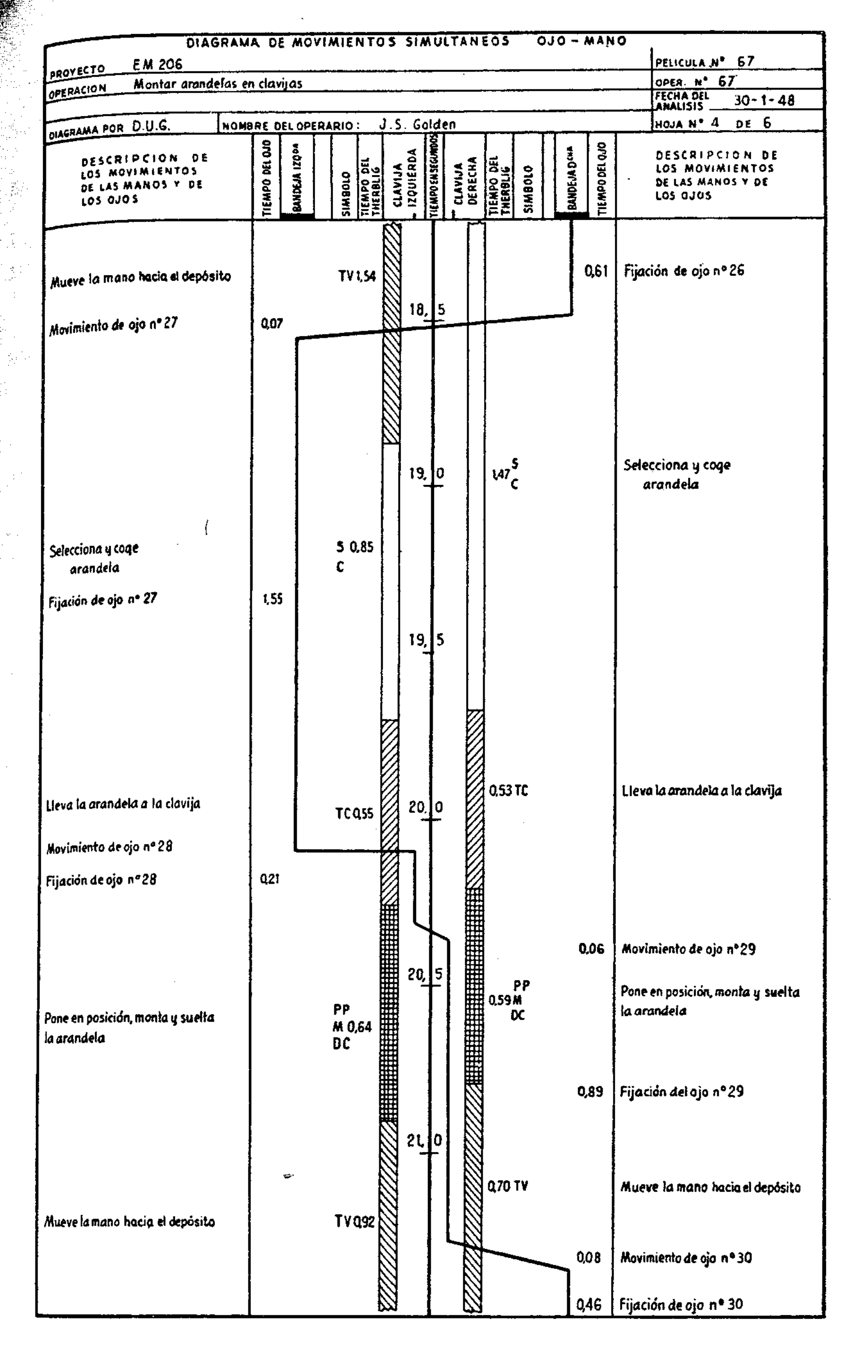


FIG. 116.—Diagrama de movimientos simultáneos ojo-mano para un ciclo de una operación de montaje.

13. ¿Hay posibilidad de eliminar cambios bruscos de dirección? ¿Pueden eliminarse barreras?
14. ¿Se utiliza el miembro más rápido del cuerpo teniendo en cuenta el peso del material movido?
15. ¿Hay algún movimiento del cuerpo que se pueda eliminar?
16. ¿Pueden ejecutarse los movimientos de los brazos en forma simultánea, simétrica y en direcciones opuestas?
17. ¿Puede deslizarse el objeto en lugar de llevarlo levantado?
18. ¿Están debidamente coordinados los movimientos de los ojos y de las manos?

Sostener.—Sostener es un *therblig* que se presenta con frecuencia en los trabajos de montaje y en las operaciones de máquinas accionadas a mano. Es uno de los *therbligs* más fáciles de eliminar y su desaparición conduce frecuentemente a grandes aumentos en la producción. Por ejemplo, la eliminación del *therblig* sostener en el montaje de perno y arandela (pág. 223) fue la causa principal del aumento del 50 por 100 de la producción.

No se debe utilizar la mano como *tornillo de banco,* pues generalmente un dispositivo mecánico cualquiera resulta más económico. En efecto, utilizando la mano para sostener, el operario reduce en el 50 por 100 su capacidad de trabajo manual útil. Aunque no todos los *therbligs* sostener se pueden eliminar, todos los que se presenten en un ciclo son puntos de ataque para perfeccionar el método.

Lista de comprobación para Sostener.

1. ¿Puede utilizarse un tornillo de banco, una mordaza, una pinza, un gancho, el vacío, una plantilla u otro dispositivo mecánico?
2. ¿Puede utilizarse un adherente o la fricción?
3. ¿Puede utilizarse un tope para eliminar el *therblig* sostener?
4. ¿Pueden ponerse apoyos para los brazos cuando no cabe eliminar dicho *therblig*?

Dejar la carga.—Dejar la carga debe incluirse en el análisis, aunque frecuentemente es de muy corta duración. En la operación *montaje de perno y arandelas* ya descrita (pág. 223), el operario soltaba la arandela después de haberla montado en el perno. Este movimiento requería un tiempo tan corto que no podía medirse con la cámara a velocidades normales y, por consiguiente, se combinó con el movimiento precedente, como se muestra en la figura 101.

Dejar la carga debe ser corto. Si dura mucho, debe hacerse un cambio en la operación para acortarlo. El estudio realizado en la página 272 sobre transportes o entregas por gravedad sugiere algunos cambios posibles.

Lista de comprobación para Dejar la carga.

1. ¿Puede eliminarse este movimiento?
2. ¿Puede utilizarse una entrega por gravedad?
3. ¿Puede dejarse la carga durante el tránsito?
4. ¿Se necesita dejar la carga cuidadosamente? ¿Puede evitarse?
5. ¿Puede utilizarse un eyector (mecánico, aire, gravedad)?
6. ¿Son del diseño apropiado los depósitos de materiales?
7. Al final de dejar la carga, ¿se encuentran la mano o los medios de transporte en la posición más ventajosa para el movimiento siguiente?
8. ¿Puede utilizarse un transportador?

Poner en posición y dejar en posición.—La diferencia entre poner en posición y dejar en posición se puede ilustrar por la sencilla operación de coger una pluma fuente, escribir y volverla a su apoyo (10). En la tabla VII se muestran los movimientos que se presentan en esta operación.

Una vez que se ha llevado la pluma al papel, es necesario *ponerla en posición,* esto es, bajar la pluma hasta la hoja de papel en el sitio exacto de la línea en que se ha de comenzar a escribir. Este es un movimiento de *poner en posición.* Una vez terminado el escrito, se devuelve la pluma al apoyo. El movimiento *transporte con carga* va seguido de *dejar en posición* (más que de poner en posición), porque la pluma descansa en el apoyo de forma tal que puede ser cogida en la posición en que será utilizada la vez siguiente. De haberse colocado la pluma en el apoyo horizontal de un tintero de escritorio, el orden de los movimientos hubiera sido *transporte con carga* y *poner en posición* (más bien que dejar en posición), porque la pluma estaría descansando de forma que no podría cogerse en la posición correcta para utilizarla. Finalmente, de haber dejado la pluma encima del escritorio, el orden de movimientos hubiera sido *transporte con carga* y *dejar la carga.*

Poner clavijas en posición en manguitos con agujeros biselados.—Los agujeros biselados en los manguitos, los orificios en forma de embudo en las plantillas y las clavijas con punta en forma de bala tienden a reducir el tiempo para poner en posición.

En la tabla VIII se dan los resultados del estudio (11) del tiempo requerido para poner en posición e introducir clavijas en manguitos con agujeros biselados.

(10) Se refiere a la forma corriente de juego de pluma estilográfica de escritorio.
(11) *University of Iowa Studies in Engineering,* Boletín 12, pág. 19.

La operación consistía en coger clavijas de latón de 31,75 mm de un depósito, llevarlas a través de una distancia de 12,7 cm, ponerlas en posición e introducirlas en el agujero del manguito, sacarlas de nuevo y dejarlas en una bandeja encima de la mesa. Se midieron con exactitud los movimientos de transporte con carga, poner en posición, montar y desmontar.

El estudio se llevó a cabo en dos partes: una, en que la holgura entre clavija y agujero era de 0,0508 mm, y otra, en que la holgura era de 0,254 mm.

TABLA VII.—MOVIMIENTOS UTILIZADOS PARA ESCRIBIR

Pasos de la operación de escribir	MOVIMIENTOS	Tiempo en milésimas de minuto
1. Va hacia la pluma	Transporte en vacío (TV)	10
2. Coge la pluma	Coger (C)	3
3. Lleva la pluma al papel.	Transporte con carga (TC) ...	8
4. Pone la pluma en posición para escribir	Poner en posición (PP)	3
5. Escribe	Utilizar (U)	44
6. Devuelve la pluma a su apoyo	Transporte con carga (TC) ...	9
7. Introduce la pluma en su apoyo	Dejar en posición (DP)	6
8. Suelta la pluma	Dejar carga (DC)	1
9. Mueve la mano hacia el papel	Transporte en vacío (TV)	9

El tiempo menor fue el requerido para poner en posición la clavija en el manguito con bisel de 45 grados [1]. Para hacer lo mismo en el manguito sin bisel [5] con holgura de 0,0508 mm, se necesitó el 73 por 100 más de tiempo.

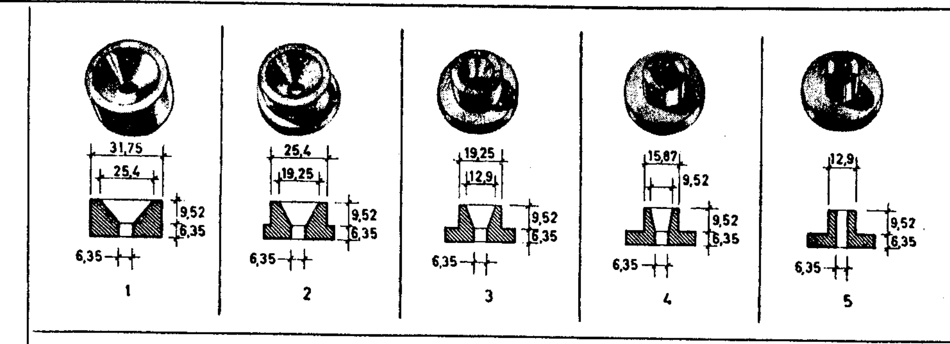
Lista de comprobación para Poner en posición.

1. ¿Es necesario poner en posición?
2. ¿Pueden aumentarse las tolerancias?
3. ¿Pueden eliminarse los bordes en ángulo recto?
4. ¿Puede utilizarse alguna guía, embudo, manguito, tope, clavija de localización, muelle, hendidura, tornillo ó bisel?
5. ¿Pueden utilizarse apoyos para los brazos, a fin de fijar las manos y reducir el tiempo para poner en posición?
6. ¿Ha sido cogido el objeto de forma apropiada para ponerlo en posición más fácilmente?
7. ¿Puede utilizarse un portaherramientas accionado por el pie?

TABLA VIII.—TIEMPO NECESARIO PARA PONER EN POSICION CLAVIJAS EN MANGUITOS CON AGUJEROS BISELADOS

	1		2		3		4		5	
Holgura entre la clavija y el agujero en el manguito, expresada en mm.	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254
Tiempo en minutos.	**0,00469**	0,00271	**0,00544**	0,00285	**0,00483**	0,00386	**0,00492**	0,00377	**0,00809**	0,00672
Tiempo en porcentaje ... ... (Tiempo más corto = 100 %).	**100**	100	**116**	106	**103**	143	**105**	139	**173**	248

TABLA VIII.—TIEMPO NECESARIO PARA PONER EN POSICION CLAVIJAS EN MANGUITOS CON AGUJEROS BISELADOS



	1		2		3		4		5	
	Holgura entre la clavija y el agujero en el manguito, expresada en mm.									
	0,0508	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254	**0,0508**	0,254
Tiempo en minutos.	**0,00469**	0,00271	**0,00544**	0,00285	**0,00483**	0,00386	**0,00492**	0,00377	**0,00809**	0,00672
Tiempo en porcentaje ... ... (Tiempo más corto = 100 %).	**100**	100	**116**	106	**103**	143	**105**	139	**173**	248

Lista de comprobación para Dejar en posición (12).

1. ¿Puede dejarse en posición el objeto al final del transporte?
2. ¿Puede equilibrarse la herramienta, a fin de que el mango se mantenga derecho?
3. ¿Puede utilizarse un dispositivo de sustentación para mantener el mango de la herramienta en la posición apropiada?
4. ¿Pueden suspenderse las herramientas?

TABLA IX.—VELOCIDAD MEDIA DE REACCIÓN

Tiempo en milésimas de segundo

TIPO DE ESTIMULO	Tiempo de reacción
Reacción simple - estímulo visual. Se instruyó al sujeto para que pulsara un manipulador telegráfico tan pronto viera encenderse una luz	225
Reacción simple - estímulo auditivo. Se instruyó al sujeto para que pulsara un manipulador telegráfico tan pronto oyera un timbre eléctrico	185
Reacción simple - estímulo táctil. Se instruyó al sujeto para que pulsara un manipulador telegráfico tan pronto sintiera el toque de una barra sobre la mano	175
Reacción simple - estímulo de calambre eléctrico. Se instruyó al sujeto para que pulsara un manipulador telegráfico tan pronto recibiera un calambre en la mano	140
Reacción selectiva - estímulo visual. El sujeto podía reaccionar a dos luces. Si se encendía la luz de la derecha, el sujeto pulsaba el manipulador de la derecha. Si se encendía la luz de la izquierda, el sujeto pulsaba el manipulador de la izquierda	325
Estímulo de acción regulada - estímulo táctil. Se notificaba al sujeto que se aproximaba un estímulo. El sujeto observaba cómo descendía la mano del operario y se le había instruido para que reaccionara tan pronto como la mano del operario tocara el manipulador	50

5. ¿Pueden almacenarse las herramientas en la situación apropiada para trabajar?
6. ¿Puede utilizarse una guía?
7. ¿Puede diseñarse el objeto de forma que sea igual por todos los lados?
8. ¿Puede utilizarse un suministro de un depósito almacén?
9. ¿Puede utilizarse un dispositivo de escalonamiento vertical?
10. ¿Puede utilizarse un dispositivo de fijación rotatorio?

(12) Dejar en posición se examina extensamente en la página 299

Inspeccionar.—En el trabajo de inspección (13), el tiempo para el *therblig* inspeccionar es generalmente proporcional al tiempo de reacción del individuo y al tipo de estímulo utilizado. En las operaciones de inspección se debe emplear únicamente a una persona con tiempo de reacción corto. El segundo requisito, esencial para tener éxito en esta clase de trabajo, es una buena vista.

En cuanto al tipo de estímulo, los datos dados en la tabla IX muestran que, permaneciendo constantes las demás condiciones, una persona reaccionará más rápidamente al sonido que a la luz, siendo 0,185 segundos el tiempo para el primero y 0,225 el tiempo para el segundo. La reacción más rápida es al tacto, que es de 0,175 segundos (14).

Inspección de etiquetas impresas.—En la fabricación de productos farmacéuticos figura la importante tarea de comprobar si se ha aplicado la etiqueta adecuada al frasco o recipiente en el que se envasa el producto. Este, en la mayoría de los casos, se envasa, se tapa, se etiqueta y se coloca en cajas de cartón mediante máquinas automáticas. Algunas etiquetas se imprimen en dos o tres colores diferentes y cada una de ellas debe ser correcta y completa en todos los aspectos. Puesto que las etiquetas se imprimen en offset y hay que hacer una tirada separada para cada color, existe la posibilidad de algún error de impresión en alguna etiqueta y, por consiguiente, de que esta resulte imperfecta. Por ello, a fin de obtener la seguridad de que todas son aceptables, se inspeccionan una a una.

Para facilitar la primera fase en la inspección de etiquetas, Eli Lilly and Company imprime, al mismo tiempo que la etiqueta, y en el borde de la hoja de papel, pequeñas listas rectangulares (Fig. 117). Hay una lista para cada color empleado y se colocan una sobre otra en el borde de la hoja. Las hojas se disponen en abanico sobre la mesa de inspección. Si todas ellas están impresas correctamente, se verá una línea ininterrumpida de cada color a través de los bordes, como se observa en la figura 118. Si hay alguna hoja en blanco o con un color erróneo, es fácil verla y desecharla. Con este procedimiento, además de ahorrar mucho tiempo, es posible descubrir y retirar las etiquetas imperfectas en el momento de su confección y no posteriormente, cuando las etiquetas han sido cortadas a su tamaño.

(13) Véanse también págs. 278 a 285.

(14) Se obtienen resultados ligeramente diferentes en el tiempo de reacción, según las distintas actitudes de la mente del operario. Por ejemplo, si la mente del operario está concentrada primordialmente en el *estímulo*, es de esperar que los tiempos de reacción sean un poco más lentos que los indicados. En cambio, si su atención se dirige primordialmente a las *sensaciones musculares* presentes en la reacción, esta será un poco más rápida.

Lista de comprobación para Inspeccionar.

1. ¿Puede eliminarse la inspección o superponerse a otra operación?
2. ¿Pueden utilizarse calibres o pruebas múltiples?
3. ¿Puede utilizarse una prueba de presión, vibración o dureza?
4. ¿Puede aumentarse la intensidad de iluminación o redistribuir los puntos de luz, a fin de reducir el tiempo de inspección?
5. ¿Puede reemplazarse una inspección visual por una realizada a máquina?
6. ¿Puede ser ventajoso que el operario use lentes?



FIG. 117.—A la vez que las etiquetas, se imprimen en el borde de la hoja pequeñas listas, una de cada color empleado, que se colocan una al lado de otra, para facilitar la inspección.

Montar, Desmontar y Utilizar.—La siguiente explicación se incluye aquí para poner en claro el significado de montar y utilizar. *Utilizar* se refiere siempre al uso de la herramienta o dispositivo con el fin para el cual está proyectado. Por consiguiente, el hecho de escribir (véase tabla VII) era un *therblig* de utilizar. Igualmente, pintar, taladrar y serrar son *therbligs* de utilizar. Si se monta una tuerca a un perno a mano, este movimiento es *montar,* mientras que si se utiliza una llave, el orden es montar (ajustar la llave a la tuerca), utilizar (apretar la tuerca) y desmontar (quitar la llave de la tuerca).

Frecuentemente se sostendrá una herramienta en la palma de la mano cuando no está en uso. Por ejemplo, el empleado que comprueba las cajas en un departamento de facturación puede poner una marca

a lápiz sobre ciertos artículos, a medida que estos pasan por el transportador. El *therblig* utilizar no incluirá el ciclo completo, sino aquella parte durante la cual esté utilizando el lápiz para poner la marca. Utilizar la plegadera de papel (véase fig. 141) nos da otro ejemplo sobre esta cuestión.

Algunos analistas abogan por la limitación de *utilizar* a objetivos finales y restringen el uso de montar a actos temporales, tales como ajustar una herramienta a su trabajo. De esta forma, cualquier montaje permanente de dos o más piezas sería utilizar, aunque no hubiera ninguna herramienta. Como esta interpretación puede dar lugar a con-

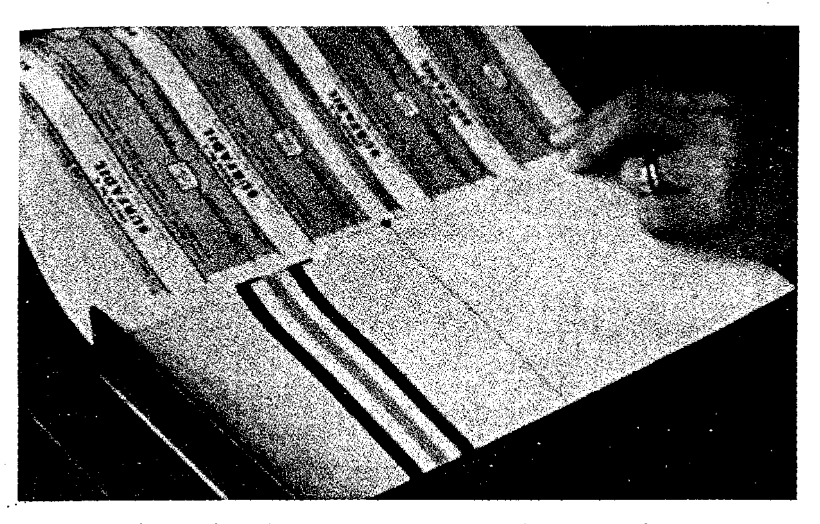


FIG. 118.—Las hojas de etiquetas impresas se colocan en abanico para su inspección. De esta manera, las hojas sin imprimir o con color equivocado romperán la continuidad, siendo fácil separarlas y desecharlas.

fusiones para el principiante y como la primera interpretación es la aceptada con mayor generalidad, en este libro se referirá siempre utilizar al uso de una herramienta o dispositivo con el fin para el cual ha sido proyectado y se entenderá por montar colocar un objeto dentro o sobre otro con el cual forma un todo.

Pintado con pistolete.—El campo del *therblig* utilizar es tan amplio que resulta imposible citar casos representativos; no obstante, se incluye un ejemplo porque da una interpretación de este *therblig* que se suele pasar por alto. Se trata de la operación de pintar con pistolete el motor de un refrigerador eléctrico.

Observando la operación, se vio que el obrero estaba derrochando pintura, errando la superficie *(pintando el aire)* al pasar por las esqui-

nas y efectuando movimientos durante los cuales no llegaba pintura o llegaba en poca cantidad al sitio que correspondía. En esta operación, el movimiento de utilizar implicaba no solo tiempo, sino también material; por consiguiente, su reducción era doblemente beneficiosa.

Se efectuó un estudio de micromovimientos de esta operación, empleando como sujeto al mejor operario de la fábrica y se vio que, durante el 23 por 100 del tiempo que usaba el pistolete, no llegaba la pintura a tocar la superficie, sino que la gastaba rociando el aire.

Adiestrando cuidadosamente al operario y efectuando algunos cambios en el lugar de trabajo, entre los cuales se incluye una mesa giratoria accionada mecánicamente y dirigida con el pie, así como el empleo de tres pistoletes fijos montados sobre la mesa, se obtuvieron los resultados siguientes:

a)	Ahorro de tiempo	50 por 100
b)	Reducción de rechazos	60 por 100
c)	Economías anuales por mano de obra directa	3.750 dólares
d)	Ahorro de pintura al año	5.940 —
e)	Coste para perfeccionar e instalar el nuevo método	1.040 —

Los ahorros totales en mano de obra directa y pintura conseguidos con el nuevo método ascendieron a una cantidad apreciable; pero no fueron el único factor importante, pues también hay que contar la gran reducción en producto rechazado.

Lista de comprobación para Montar, Desmontar y Utilizar.

1. ¿Puede utilizarse una plantilla o un dispositivo de sujeción?
2. ¿Puede utilizarse un dispositivo automático o una máquina?
3. ¿Puede hacerse múltiple el montaje? O ¿puede hacerse múltiple el proceso?
4. ¿Puede utilizarse una herramienta de mayor rendimiento?
5. ¿Pueden utilizarse topes?
6. ¿Puede hacerse otro trabajo mientras la máquina está haciendo su tarea?
7. ¿Podría utilizarse una herramienta accionada mecánicamente?
8. ¿Puede utilizarse una leva o un dispositivo de sujeción accionado por aire?

Medida exacta del tiempo del movimiento fundamental.—Los valores de tiempo de los movimientos dados en algunas de las investigaciones a las que se ha hecho referencia en el capítulo presente, se dieron en 100 milésimas de minuto. Para efectuar estas medidas de tiempo se utilizó un aparato registrador eléctrico: el cinógrafo (*).

(*) *Kymograph,* en inglés, se ha traducido por cinógrafo; es un aparato registrador de tiempos. *(N. del T.)*

Se hace pasar por la mesa del cinógrafo una cinta de papel como las utilizadas en las máquinas calculadoras. Dicha cinta va impulsada por dos rodillos, mostrados en el frente de la máquina y que están accionados por un motor síncrono. El papel pasa así a una velocidad uniforme de 50 m por minuto.

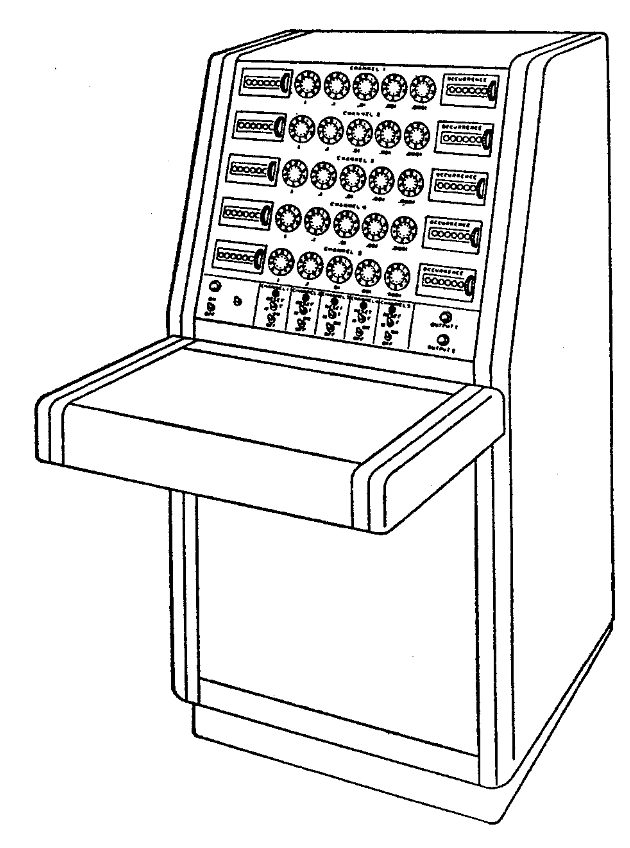


FIG. 119.—Registrador electrónico que mide tiempos en 1/10.000 de segundo.

Sobre la cinta de papel van montadas unas plumas accionadas por solenoides, que trazan líneas rectas al apoyarse sobre el papel.

Cada pluma está conectada a un solenoide, de forma que al cerrarse el circuito es atraída perpendicularmente al movimiento de la cinta de papel, lo que produce una quiebra en la línea de tinta.

Por medio de células fotoeléctricas y otros dispositivos se pueden

medir varias partes de una operación sin interferir para nada los movimientos naturales del operario.

Registrador electrónico de tiempos.—Aunque el cinógrafo es un instrumento satisfactorio para medir cortos intervalos de tiempo en los trabajos de estudio de movimientos, la tarea de medir las distancias entre las quiebras de las líneas, sobre la cinta de papel, resulta muy molesta y consume tiempo. Recientemente se ha proyectado y construido, en los laboratorios de la Universidad de California, un registrador electrónico (fig. 119), que actualmente emplea Elwood S. Buffa, para medir tiempos de los movimientos fundamentales de la mano. El instrumento está proyectado de tal manera que, al entrar la mano en contacto con un objeto, se origina un impulso eléctrico que motiva el cierre de un circuito y, al terminar el contacto, el impulso cesa y el circuito se abre. El contador se puede leer directamente, en diezmilésimas de segundo, al comienzo y fin del movimiento. Es posible obtener datos de conjunto tomando los tiempos de 10 ó 100 ciclos consecutivos. De manera análoga, se pueden agrupar diferentes movimientos de la mano y medirlos como una unidad. A causa de la facilidad con que puede medir cortos intervalos de tiempo, este aparato facilitará grandemente la investigación de laboratorio sobre estudio de movimientos (15).

(15) En relación con otros aparatos similares, véase STANLEY M. BLOCK: "Semtar, Automatic Electronic Motion Timer", *Journal of Industrial Engineering*, vol. 12, núm. 4, págs. 276-88, julio-agosto de 1961.

CAPITULO XVI

INGENIERIA HUMANA

El estudio de métodos tiene como fin hallar la combinación más eficaz de hombres, máquinas y condiciones de trabajo. Para alcanzar esta combinación óptima, es necesario determinar qué funciones pueden ser realizadas mejor por la máquina, y cuáles por el hombre. El ser humano posee ciertas facultades inherentes que superan las de las máquinas, mientras que estas sobrepasan al hombre en otras funciones.

Los aspectos económicos también cuentan al determinar la combinación hombre-máquina. Por ejemplo, a medida que crece el volumen de fabricación, resulta más conveniente, en general, aumentar la mecanización, siendo cada vez mayor el número de actividades realizadas por la máquina, y menor el de las ejecutadas por el hombre. El paso final es, por supuesto, un proceso completamente automático, que no precisa de mano de obra directa.

Sin embargo, la mayor parte de las actividades necesitan alguna mano de obra y el analista de métodos de trabajo comienza su estudio definiendo el problema y proyectando la combinación hombre-máquina que resulte más adecuada para los objetivos a cumplir. El conocimiento de las facultades y capacidades del ser humano es de vital importancia al proyectar el proceso, los medios de producción, el método de trabajo y las condiciones que deben rodearlo, para adaptarlos al personal que ha de efectuarlo. Este cuerpo de conocimientos referente a los métodos de trabajo y proyecto del equipo es la acumulación de ciertas reglas y principios que se han ido desarrollando a lo largo de muchos años, más los resultados de experimentos de investigación cuidadosamente concebidos. Muchas de las "reglas de eficacia y reducción de fatiga" y de los "principios de economía de movimientos" no son de aplicación universal y algunos no se han comprobado experimentalmente, pero sirven como lista de comprobación para encontrar los métodos de trabajo preferibles y para proyectar los medios necesarios.

Aunque durante muchos años ingenieros, fisiólogos y psicólogos han realizado experimentos relacionados con el estudio del trabajo, durante la segunda guerra mundial se requirieron los servicios de personas altamente especializadas, a fin de que contribuyeran a resolver

los problemas de combinación de hombres y máquinas relacionados con el diseño, funcionamiento y conservación de medios bélicos. Por ejemplo, las maniobras de control en aviones, barcos y submarinos llegaron a ser tan complejas, que hubo numerosos fallos debidos a que los hombres no podían hacer todo lo que se les exigía. Esta clase de estudios recibió el nombre de ingeniería humana. La ingeniería humana tiene como misión "la adaptación de las tareas humanas y de las condiciones de trabajo a las facultades humanas de percepción, mentales, sensoriales, físicas y otras. Esta adaptación al hombre se aplica a funciones tales como el diseño de equipo, instrumentos, combinaciones hombre-máquina y productos de consumo, y al establecimiento de condiciones y métodos de trabajo óptimos" (1).

Gran parte del trabajo en el campo de la ingeniería humana se ha hecho bajo la forma de experimentos de investigación cuidadosamente controlados, a cargo de organismos oficiales, tanto civiles como militares.

La literatura en el campo de la ingeniería humana (2) toma la forma de informes detallados, resúmenes de trabajos presentados de forma lógica y sistemática y manuales y tablas que proporcionan datos útiles a ingenieros de métodos de trabajo, diseñadores de equipo y de productos, estilistas industriales, así como a los que trabajan en el campo de los vehículos militares y espaciales. Este creciente cuerpo de conocimientos es de utilidad para todos los que estén interesados en el estudio y proyecto de métodos de trabajo.

En la ejecución de cualquier tarea, una persona normal hace tres cosas (Fig. 120):

1. Recibe información a través de sus órganos sensoriales, ojos, oídos, tacto, etc.
2. Toma decisiones, actúa basándose en la información obtenida y en sus propios conocimientos.

(1) Ernest J. McCormick: *Human Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1957, pág. 1.

(2) Alphonse Chapanis: *Research Techniques in Human Engineering*, The John Hopkins Press, Baltimore, Md., 1959. Alphonse Chapanis, W. R. Garner y C. T. Morgan: *Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1949. Henry Dreyfuss: *The Measure of Man. Human Factors in Design*, Whitney Library of Design, Nueva York, 1960. W. F. Floyd y A. T. Welford (dirs. de ed.): *Symposium on Human Factors in Equipment Design*, H. K. Lewis and Co., Ltd., Londres, 1954. W. F. Floyd y A. T. Welford (dirs. de ed.): *Symposium on Fatigue*, H. K. Lewis & Co., Ltd., Londres 1953. *Handbook of Human Engineering Data*, 2.ª ed., Tufts College, Medford, Mass., 1952. Wesley E. Woodson: *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, 1954.

3. Realiza una acción como consecuencia de la decisión tomada. La acción puede ser puramente física, como poner en marcha una máquina, o entrañar una comunicación, como dar instrucciones verbales o escritas.

Los proyectistas de máquinas, equipo, métodos y condiciones de trabajo deben comprender la manera en que el ser humano funciona, sus dimensiones y limitaciones físicas y las condiciones bajo las cuales trabaja con mayor eficacia. Al proyectar cualquier operación o proceso, surge la pregunta de qué actividades han de ser realizadas por el hombre, y cuáles por la máquina, pudiendo ser útil al caso el resumen siguiente (3):

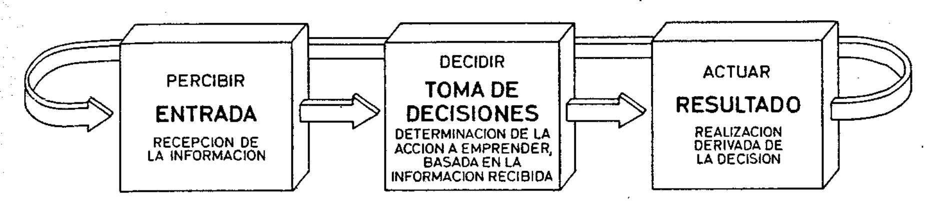


Fig. 120.—El ciclo básico de control consta de tres partes: percibir, decidir y actuar.

El hombre supera a las máquinas existentes en su facultad de:

1. Detectar pequeñas magnitudes de luz o de sonido.
2. Recibir y construir modelos de luz o de sonido.
3. Improvisar y utilizar procedimientos flexibles.
4. Almacenar gran cantidad de información durante largos períodos y recordar los hechos significativos en el momento oportuno.
5. Razonar inductivamente.
6. Emplear la facultad de juicio.
7. Desarrollar conceptos y crear métodos.

Las máquinas existentes superan al hombre en su habilidad para:

1. Responder rápidamente a las señales de control.
2. Aplicar gran fuerza con suavidad y precisión.
3. Realizar reiteradamente tareas rutinarias.
4. Almacenar información rápidamente y borrarla luego por completo.
5. Realizar cálculos rápidamente.
6. Hacer a la vez muchas funciones distintas.

(3) Ernest J. McCormick, *op. cit.*, pág. 421.

En trabajos importantes puede resultar conveniente tabular los diferentes procedimientos de ejecutar cada parte de la tarea, comenzando por el método manual y siguiendo, paso a paso, hasta llegar al método completamente mecanizado. Este procedimiento puede facilitar el hallazgo del método preferible, es decir, el de coste mínimo, y ayudar a resolver la cuestión hombre o máquina.

En la actualidad, la ingeniería humana se ocupa principalmente de problemas relativos a complicados instrumentos militares y espaciales. No obstante, es útil a los que dedican su actividad al estudio de métodos de trabajo poseer toda la información posible sobre las investigaciones que se llevan a cabo en el campo de la ingeniería humana.

ESTUDIO DE METODOS DE TRABAJO

NORMAS GENERALES

El trabajo debe organizarse de manera que el operario reciba solamente la información esencial, a través de los canales sensoriales adecuados y en el momento y lugar necesarios. La información debe presentarse de manera que permita al operario reaccionar a ella de manera óptima.

En la fase de decisión debe disponerse el trabajo de manera que las interpretaciones y decisiones sean automáticas en lo posible. El número de elecciones que debe realizar el operario durante un tiempo dado será el menor posible (4).

El método de trabajo debe proyectarse de manera que permita al operario ejecutar la tarea en el menor tiempo posible, y con la mayor facilidad y satisfacción. Tanto el número y longitud de los movimientos como el de miembros del cuerpo que intervengan en ellos debe ser mínimo.

La tarea debe proyectarse de manera que su ejecución requiera el gasto mínimo de energía y la menor tensión fisiológica, expresada en calorías por minuto y en latidos por minuto (5).

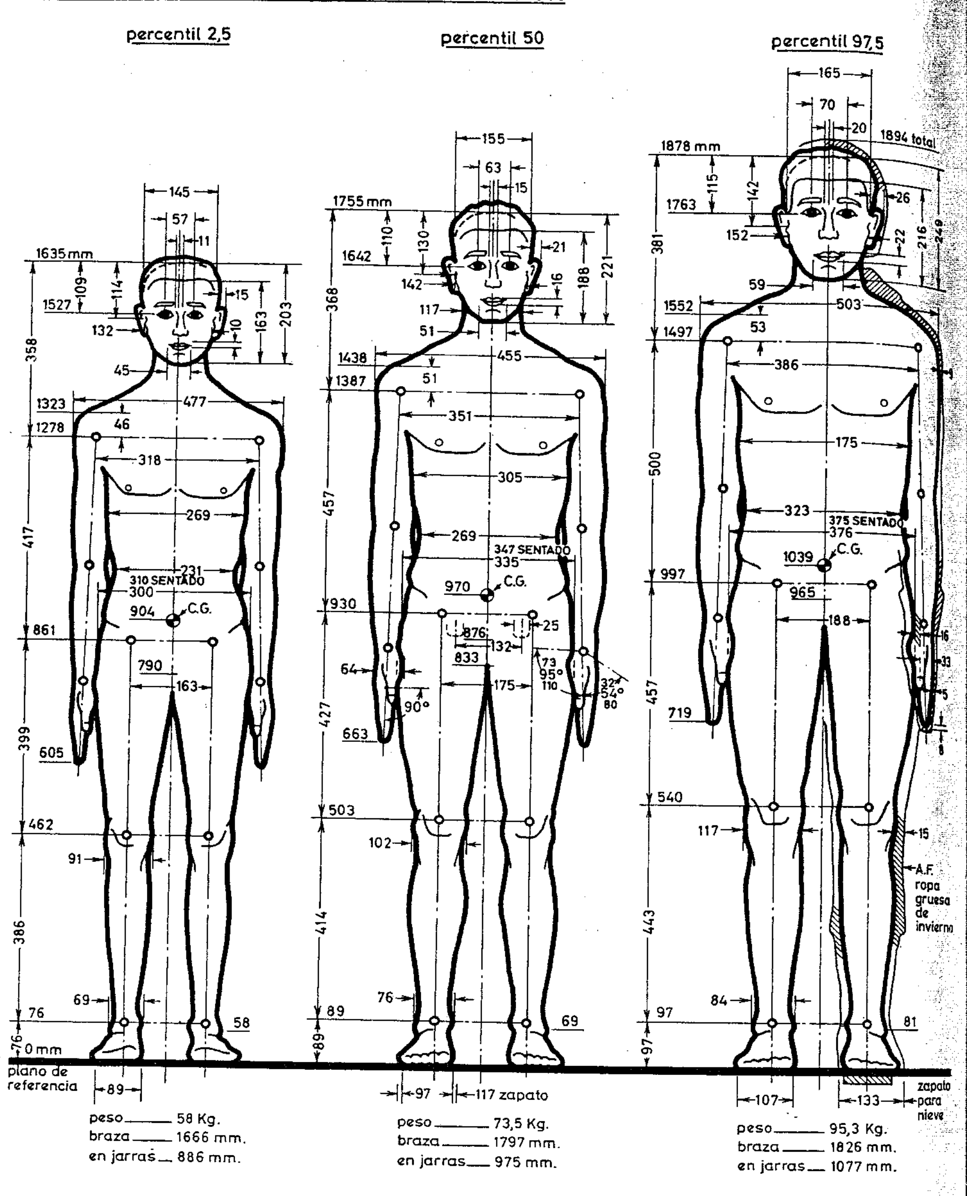
(4) *Ibid.*, pág. 439.
(5) Véase capítulo XXXIV: "Medida del trabajo por métodos fisiológicos."

MEDIDAS DEL HOMBRE Y DE LA MUJER ADULTOS

DATOS BASICOS PARA LECTURA Y CONTROL

La información dada por los dibujos de las figuras 121-124 (6) es el resultado de muchos años de investigación por parte de Henry Dreyfuss y de sus asociados. Esta información es muy valiosa para proyectar las máquinas, puestos de trabajo y ambientes que se ajusten mejor a las personas.

(6) Reproducidas, con la debida autorización, de la obra de Henry Dreyfuss, *The Measure of Man*, publicada por la Whitney Library of Design, Nueva York, 1960.



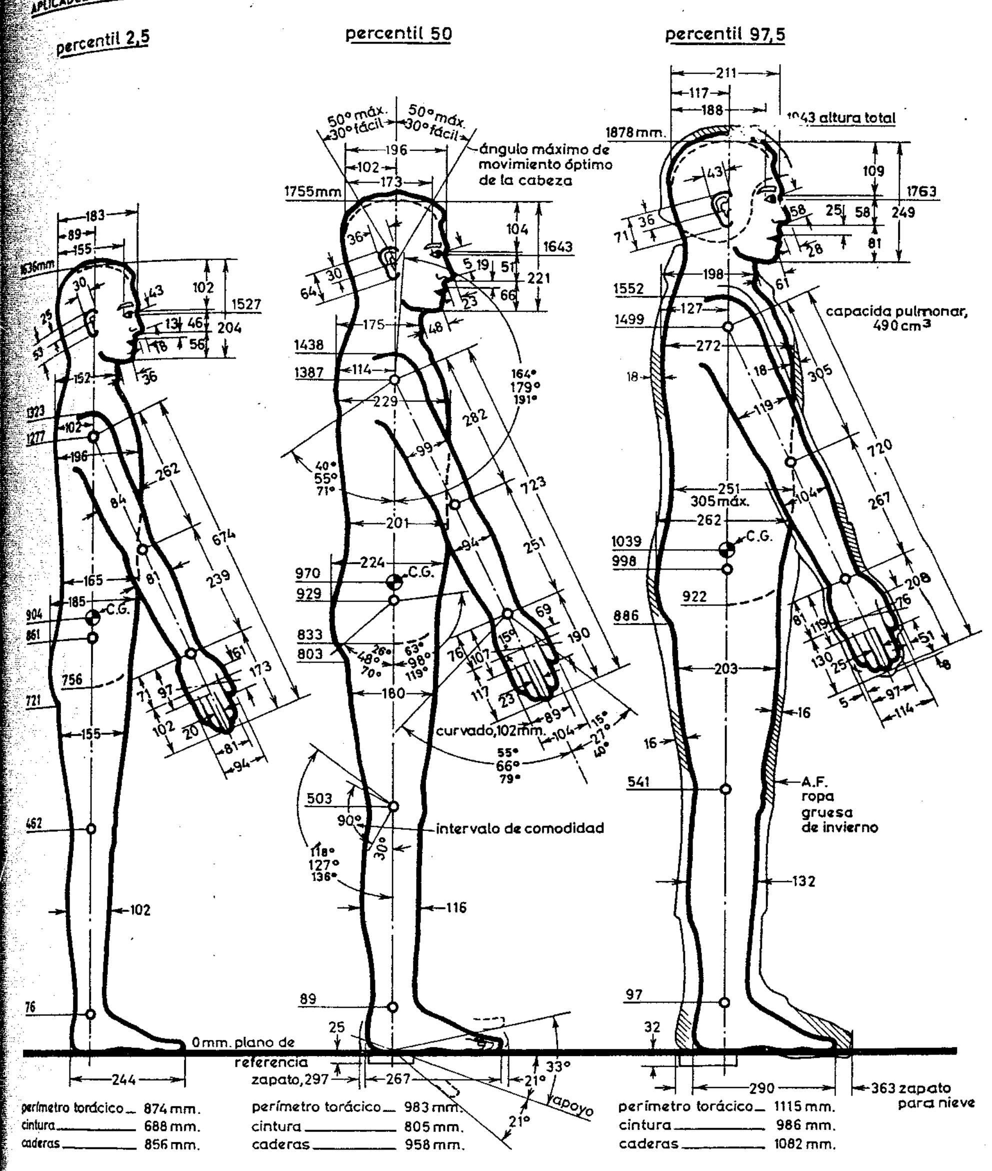


FIG. 121.—Dimensiones relativas al cuerpo del hombre adulto, en pie. (Reproducido de *The Measure of Man*, de HENRY DREYFUSS, publicada por la Whitney Library of Design, Nueva York.)

DATOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS A LA MUJER ADULTA, EN PIE

APLICABLES AL 95 % DE LA POBLACION FEMENINA DE ESTADOS UNIDOS

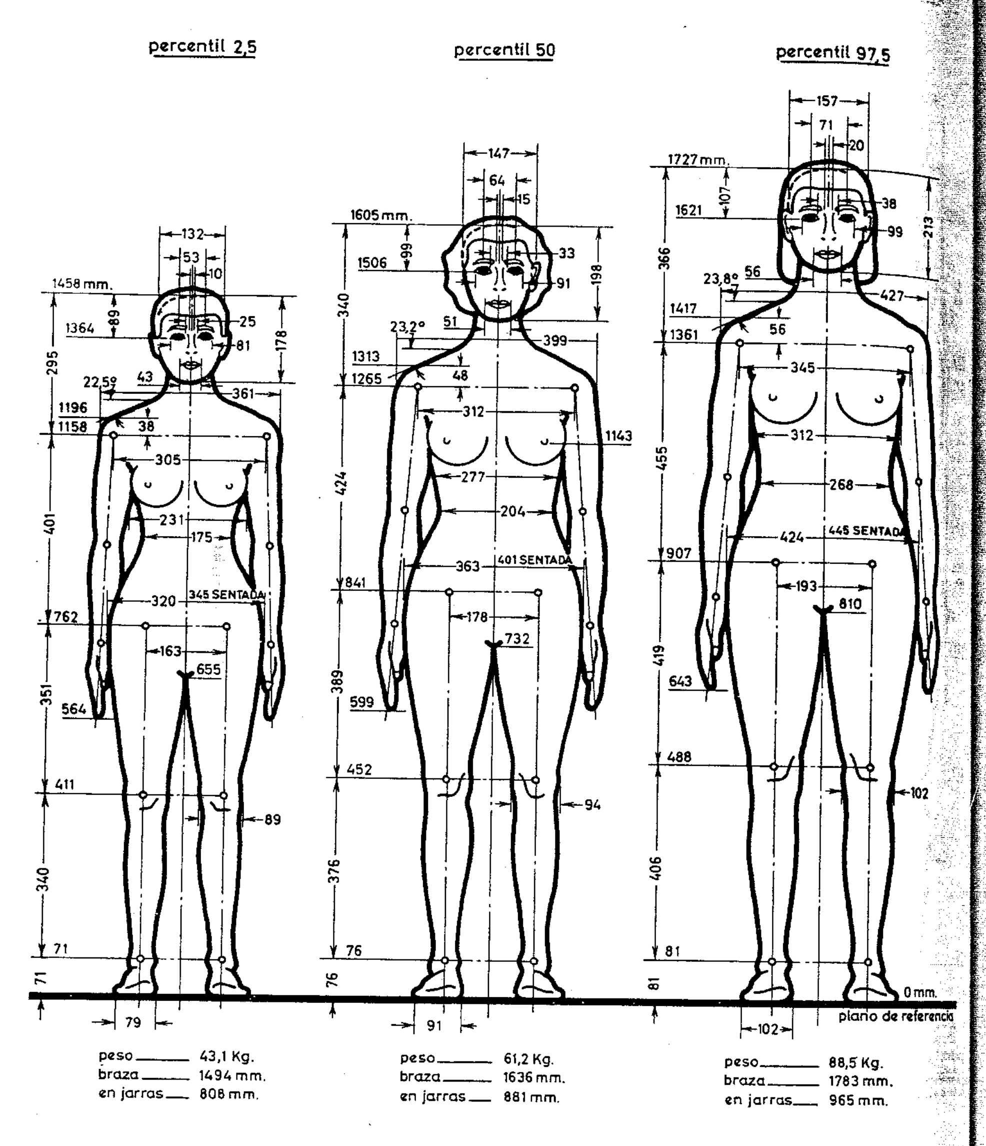
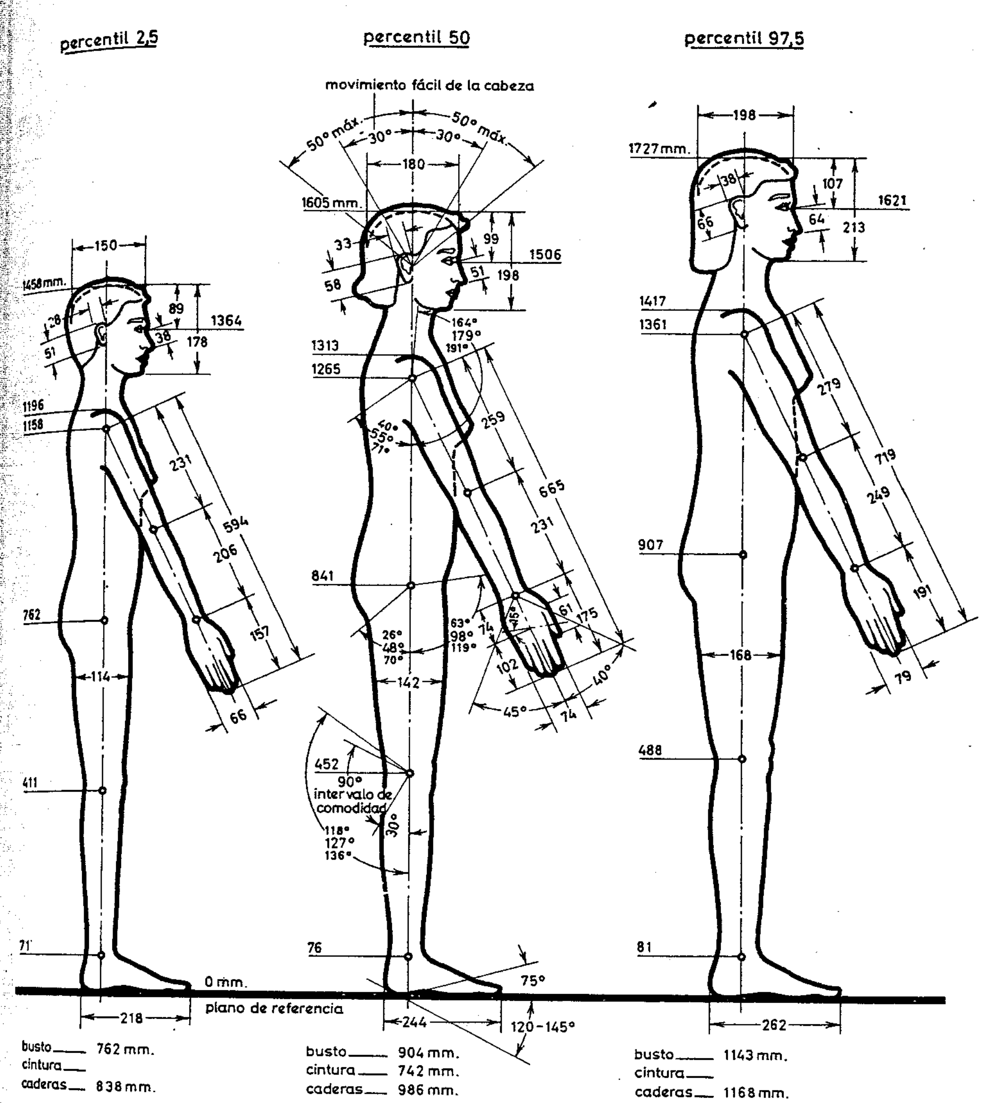


FIG. 122.—Dimensiones relativas al cuerpo de la mujer adulta, en pie. (Reproducido de *The Measure of Man*, de HENRY DREYFUSS, publicada por la Whitney Library of Design, Nueva York.)

DATOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS A LA MUJER ADULTA, EN PIE

APLICABLES AL 95 % DE LA POBLACION FEMENINA DE ESTADOS UNIDOS



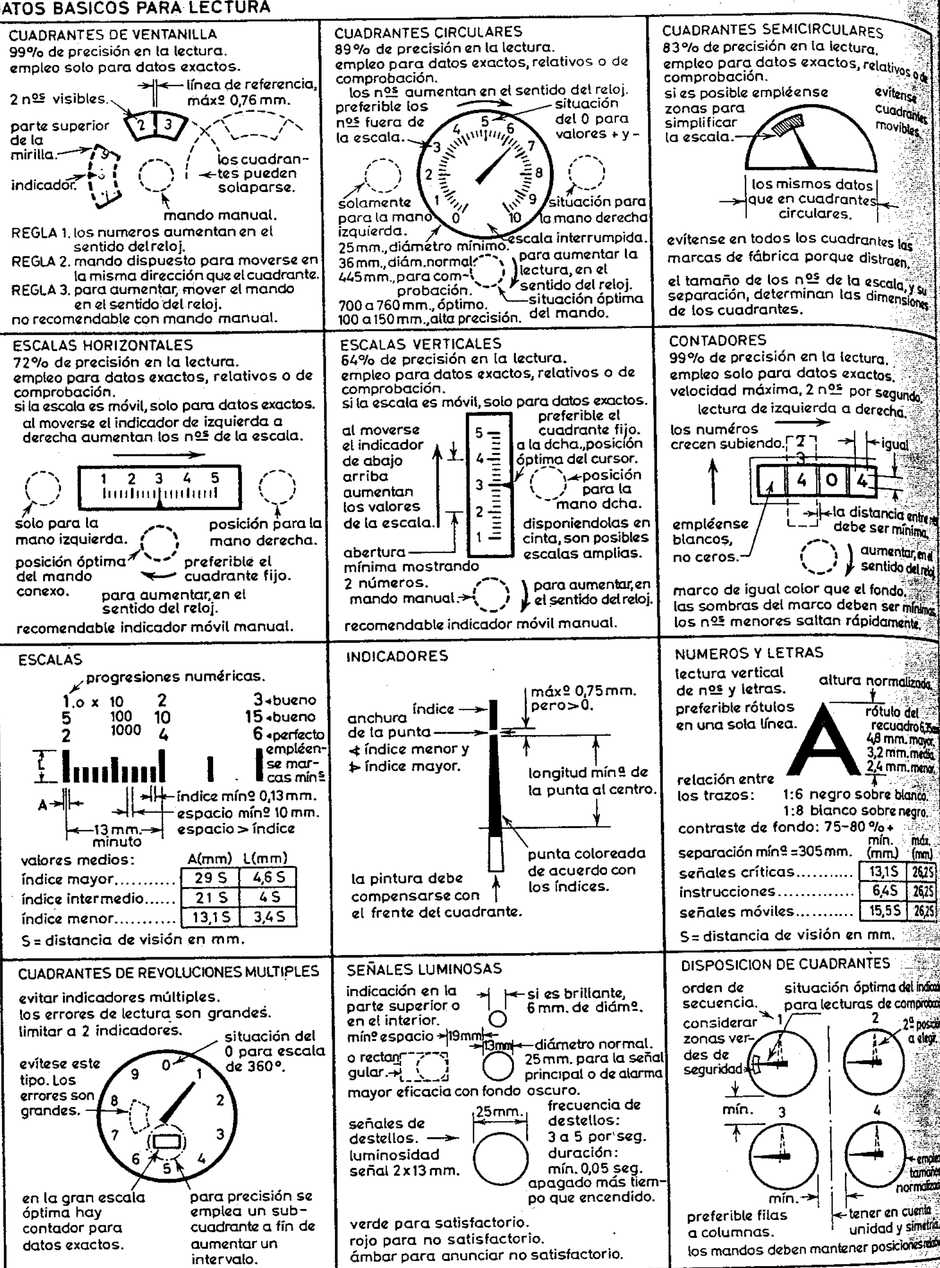


FIG. 123.—Datos básicos para lectura. (Reproducido de *The Measure of Man*, de HENRY DREYFUSS, publicada por Whitney Library of Design, Nueva York.)

DATOS BASICOS PARA MANDOS MANUALES

TIRADORES ESFERICOS
dedos → 13 mm. ← mín.
manos → 38 mm. ← óptimo
51 mm. máx.
4,5 Kg. tirar.
9 Kg. empujar.
13 Kg. máx.
51-100 mm ← 1 mano.
100-125 mm ← 2 manos.
90° máx.
palanca
L = máx.
tener en cuenta apoyo para la muñeca.
50 mm. de desplazamiento mín. para L = 150 mm.
despl. máx. atrás y adelte. 350 mm.
máx. lateral 960 mm.

TIRADORES CILINDRICOS
mangos de palanca.
mín. 25 mm.
máx. 45 mm.
tiradores en barra y mangos de mov. vertical.
mín. 75 mm.
máx. ilimitado
mín. 96 mm. ópt. 115 mm.
mín. 40 mm. 2 dedos
mín. 10 mm. 0-18 Kg.
mín. 22 mm. 0-45 Kg.
mín. 38 mm. ópt. 50 mm.
evitar muescas para los dedos.
también espacio lateral.

TIRADORES EMBUTIDOS
para puertas, cajones, etc.
mín. 30 mm.
ópt. 40 mm.
R 10 mm.
10 mm.
mín. 30 mm.
ópt. 40 mm.
6,5 mm.
R 10 mm.
mín. 43 mm.
ópt. 48 mm.
15°
abertura: mín. 90 mm.
ópt. 100 mm.

MANDOS GIRATORIOS
25 mm. para posiciones no precisas.
y 50-100 mm. para posiciones precisas.
estrías típicas:
diám. 2 mm.
paso 5,6 mm.
profundidad 1,3 mm.
mín. 6,5 mm
mín. 9,5 mm.
6,5 mm. peq. esfz°
máx. 100 mm.
1 mano → 25-50 ← mm.
2 manos → 75-125 ← mm.
mín. 12,5 mm.
ópt. 22-25 mm.
R 0,75 mm.
5°
faldilla.
par: máx. 32,5 cmkg < 25 mm. diám.
máx. 43,5 cmkg > 25 mm. diám.

MANDOS EN BARRA
desplazamiento:
15° mín. visual.
30° mín. no visual.
40° máx. para maniobra ópt°
90° máx. si lo requiere el mecanismo.
mín. 6,5 mm.
mín. 25 mm.
máx. ilimitado
máx. 25 mm.
mín. 13 mm.
máx. 75 mm.
resistencia: mín. 240 gr. - máx. 1360 gr.
nº de posiciones - máx. 24.
para rotación > 180°, mando redondo.

MANDOS MULTIPLES
orden de operaciones. ① ② ③
desplazamiento conjunto.
ópt. 75 mm.
ópt. 45 mm.
ópt. 13 mm.
estriado o moleteado
5°
ópt. 20 mm.
ópt. 20 mm.
mín. 6,5 mm.

MANDOS PARA GRAN ESFUERZO
para asir con los 5 dedos.
formas para esfuerzo máx.:
< giro 90°.
> giro 90°.
evitar 3, 5 y 6 brazos.
mín. 50 mm.
máx. 100 mm.
R mín. 9,5 mm.
paso mín. de acanaladuras para los dedos, 25 mm.
13 a 25 mm.
mín. 25 mm.
par: máx. 57,5 cmkg.

MANIVELAS
para giros de más de 90°.
dedos 38 mm
mano 95 mm
R
la conicidad evita el resbalamiento de la mano.
el mango debe girar.
1/2 vuelta con los dedos.
1 vuelta con la mano.
radio mín. 13 mm.
máx. 508 mm. para carga pesada.
máx. 114 mm. - carga mínº, gran velocidad.
resistencia: máx. 2,25 Kg. < 90 mm. radio.
máx. 4,5 Kg. radio 125 a 200 mm.

VOLANTES
mín. 180 mm.
máx. 535 mm.
preferible nº mín. de brazos.
abajo.
arriba.
mín. 20 mm.
máx. 50 mm.
90°-120° de giro para evitar el cambio de manos.
resistencia:
mín. 2,25 Kg.
máx. 13,5 Kg. con 1 mano.
máx. 22,5 Kg. con 2 manos.

PULSADORES
mín. 16 mm.
1 dedo → 19 a 32 mm.
2 dedos → 32 a 50 mm.
diám. mín. entalladura 25 mm.
rectangular para rótul.*
diám. mín. 10 mm.
ópt. 13 a 25 mm.
38 a 50 mm. palma.
13 a 50 mm. pie.
radio 50 mm.*
0,05 R
fuerza mín. 115 gr.
ópt. 0,5 a 1,35 Kg.
máx. 14 Kg.
1,8 a 9 Kg. por pie.
9 a 18 Kg. si el pie descansa sobre él.
depresión mín. 32 mm. - 25 mm. máx. - sin guantes.
6 a 50 mm. guantes.
13 a 50 mm. zapatos.
25 a 100 mm. calzado fuerte.
*no necesario.

SISTEMAS DE PULSADORES
preferible pulsadores verticales, fig. B
A
ópt. 11°
máx. 20°
B
115 a 300 gr.
depresión 4,75 mm.
máx. 11 mm.
ancho 13 mm.
> 0
19 mm.
mín. 8 mm.
ritmo de trabajo: 4,1 a 5,3 por segundo.

INTERRUPTORES DE PRESION
preferible
ABIERTO
CERRADO
mín. 32 mm.
máx. 50 mm.
mín. 22 mm.
100 a 150 mm. de carrera muerta.
mín. 40°
ópt. 60°
máx. 120°
mín. 280 gr.
máx. 1,13 Kg.
mín. 13 mm.
máx. 50 mm.
mín. 38 mm. guantes.
preferible forma de maza.
preferible 2 posiciones a 3 o 4.

FIG. 124.—Datos básicos para mandos manuales. (Reproducido de *The Measure of Man*, de HENRY DREYFUSS, publicada por Whitney Library of Design, Nueva York.)

PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS

HOJA DE COMPROBACION DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS Y REDUCCION DE LA FATIGA

Estas veintidós reglas o principios de economía de movimientos pueden aplicarse provechosamente tanto al trabajo de taller como al de oficina. Aunque no todas son aplicables a cualquier operación, forman una base o código para perfeccionar el rendimiento y reducir la fatiga en el trabajo manual.

Utilización del cuerpo humano

1. Ambas manos deben comenzar y terminar sus movimientos a la vez (página 222).
2. Ambas manos no deben permanecer inactivas a la vez, excepto durante los periodos de descanso (pág. 222).
3. Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas (pág. 222).
4. Los movimientos de las manos deben quedar confinados en la clasificación más baja compatible con la posibilidad de ejecutar satisfactoriamente el trabajo (página 235).
5. Siempre que sea posible, debe emplearse la impulsión para ayudar al obrero y esta debe reducirse a un mínimo si se ha de vencer con esfuerzo muscular (página 238).
6. Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos a los movimientos en zigzag o en línea recta con cambios de dirección repentinos y bruscos (pág. 242).
7. Los movimientos balísticos son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos (fijación) o «controlados» (página 246).
8. Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible (pág. 247).
9. Los puntos en que se fija la mirada deben ser tan escasos en número y tan próximos entre sí como sea posible (página 251).

Disposición del lugar de trabajo

10. Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales (página 257).
11. Las herramientas, materiales y aparatos de control deben situarse cerca y directamente enfrente del operario (pág. 259).
12. Deben utilizarse depósitos y recipientes de suministro por gravedad para entregar el material cerca del punto de utilización (pág. 269).
13. Siempre que sea posible, deben utilizarse «entregas por gravedad» (pág. 272).
14. Deben situarse los materiales y las herramientas de modo que permitan el mejor orden de movimientos (pág. 274).
15. Deben existir condiciones de visibilidad adecuadas. El primer requisito para una percepción visual satisfactoria es una buena iluminación (pág. 274).
16. La altura del lugar de trabajo y la del asiento correspondiente a cada operario deberán combinarse de forma que permitan a este sentarse o ponerse en pie con facilidad mientras trabaja (pág. 285).
17. Debe instalarse para cada obrero una silla del tipo y altura adecuados para permitir una buena postura (pág. 288).

Diseño de herramientas y equipo

18. Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por una plantilla, un aparato de sujeción o un dispositivo accionado por pedal (pág. 291).
19. Siempre que sea posible, deben combinarse dos o más herramientas (pág. 297).
20. Siempre que sea posible, deben dejarse previamente en posición las herramientas y los materiales (pág. 299).
21. Cuando cada dedo realiza un movimiento específico, como escribiendo a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo con las capacidades inherentes a los dedos (pág. 301).
22. Las palancas, manivelas y volantes deben situarse de forma que el operario pueda manejarlos con un cambio mínimo en la posición del cuerpo y las mayores ventajas mecánicas (pág. 303).

CAPITULO XVII

PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS RELACIONADOS CON EL CUERPO HUMANO

Dentro del campo de validez de las normas generales dadas al final del capítulo XVI (pág. 212), la experiencia demuestra que el empleo de *listas de comprobación, reglas para reducir la fatiga* y *principios de economía de movimientos y de eficacia* puede ser útil en el estudio de métodos de trabajo.

En diversas ocasiones, Gilbreth redactó listas dando ciertas *reglas para la economía de movimientos y el rendimiento* (1) que regulan los movimientos de las manos y que se han visto aumentadas por las aportaciones de otros investigadores.

Es necesario ampliar nuestro conocimiento sobre las capacidades inherentes de los diversos miembros del cuerpo humano. Todavía hay mucho que hacer para determinar las leyes fundamentales que permiten la máxima cantidad de esfuerzo productivo con un mínimo de fatiga. Aunque la materia de este capítulo se expone bajo el encabezamiento *principios de economía de movimientos,* podría haberse designado con más exactitud como *algunas reglas para la economía de movimientos y reducción de la fatiga.*

Nos encontramos con una serie de dificultades al intentar recoger y codificar la información actualmente disponible para utilizarla como guía en la determinación de los métodos de mayor economía. Si se exponen principios generales hay la probabilidad de que sean abstractos y de poco uso práctico, mientras que si se presentan reglas más restringidas, con ilustraciones específicas, pueden adolecer de falta de universalidad en su aplicación. En el pasado ha sido costumbre hacer exposiciones generales de los principios sin incluir información adicional o aplicaciones prácticas. Esto resultó poco satisfactorio y retrasó el uso del estudio de movimientos y tiempos.

El objetivo del capítulo presente y el de los dos siguientes es interpretar, por medio de ilustraciones específicas, algunas de las reglas generales o principios de economía de movimientos que han sido y son aplicados con éxito en la industria. Todos los principios presentados

(1) F. B. y L. M. GILBRETH: "A Fourth Dimension for Measuring Skill for Obtaining the One Best Way", *Society of Industrial Engineering Bulletin,* volumen V, núm. 11. Noviembre, 1923.

en estos capítulos no son de igual importancia, ni el estudio incluye todos los factores que intervienen en la determinación de métodos de trabajo mejores. No obstante, estos principios forman una base, un código o una serie de reglas que, si las aplica un experto en la técnica del estudio de movimientos, harán posible aumentar notablemente la producción del trabajo manual con un mínimo de fatiga.

Estos principios se expondrán bajo las tres subdivisiones siguientes:

I. Principios de economía de movimientos, relacionados con el cuerpo humano.
II. Principios de economía de movimientos, relacionados con la disposición del lugar de trabajo.
III. Principios de economía de movimientos, relacionados con el diseño de herramientas y equipo.

PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS RELACIONADOS CON EL CUERPO HUMANO

1.° **Ambas manos deben comenzar y terminar sus movimientos a la vez.**

2.° **Ambas manos no deben permanecer inactivas a la vez, excepto durante los períodos de descanso.**

3.° **Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.**

Estos tres principios están ligados entre sí y pueden estudiarse mejor a la vez (2). Gran parte de la gente considera natural trabajar productivamente con una mano mientras la otra sostiene el objeto sobre el que se trabaja; pero, generalmente, no es deseable.

Las dos manos deben trabajar conjuntamente, comenzando y terminando sus movimientos a la vez. Los movimientos de ambas manos deben ser simultáneos y simétricos.

No hay duda alguna de que en muchas clases de trabajo se puede hacer más si se usan ambas manos que si se trabaja con una sola. Para la mayor parte de la gente resulta ventajoso distribuir trabajo similar a izquierda y a derecha del lugar de trabajo, ya que le permite el movimiento conjunto de ambas manos y que cada una ejecute los mismos movimientos. Los movimientos simétricos de los brazos tienden a equilibrarse, reduciendo los choques y sacudidas del cuerpo y facilitando al obrero la ejecución de su tarea con esfuerzos mentales y físicos menores. Debido a este equilibrio se puede apreciar una tensión menor en el cuerpo cuando las manos se mueven simétricamente que cuando realizan movimientos no simétricos.

Citaremos algunos ejemplos para mostrar cómo se perfeccionan los

(2) *Ibid.*, pág. 6.

métodos a través del análisis de los movimientos de las manos, con el cual ya estamos familiarizados, y con la aplicación de los tres primeros principios de economía de movimientos.

Montaje de perno y arandela.—Una empresa utiliza ocho pernos de 10 × 25 mm, con tres arandelas cada uno (véanse Figs. 125 y 126), en el montaje final de uno de sus productos. Se simplificó esta operación montando previamente las arandelas al perno; en consecuencia, en otro departamento, una serie de operarias, sentadas ante las mesas de trabajo, se ocupaban del montaje de los pernos y las arandelas.

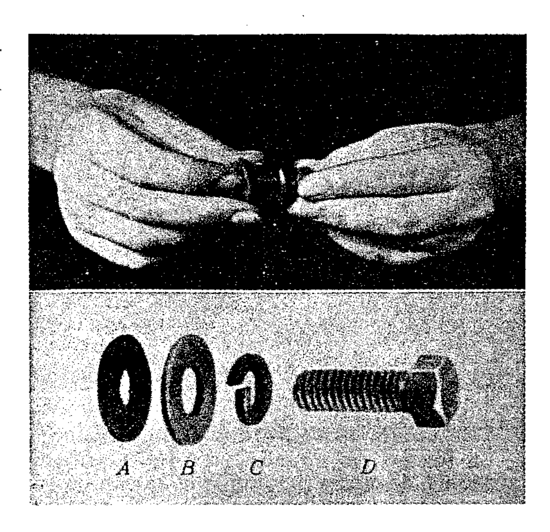


FIG. 125.—Montaje de perno y arandelas: *A*, arandela especial de goma; *B*, arandela plana de acero; *C*, arandela de seguridad; *D*, perno de 10 × 25 mm.

Método antiguo de montaje.—Originalmente, el montaje de perno y arandelas se hacía de la forma siguiente: encima de la mesa se disponían depósitos conteniendo pernos, arandelas de seguridad, de acero y de goma, como se muestra en la figura 69. La operaria alcanzaba los pernos del depósito, cogía uno con la mano izquierda y lo traía frente a ella, poniéndolo en posición. Entonces, con la mano derecha cogía una arandela de seguridad del depósito correspondiente y la colocaba sobre el perno; luego hacía otro tanto con la arandela de acero y, finalmente, con la de goma. Con ello se terminaba el montaje, y la operaria dejaba con su mano izquierda, en un depósito situado convenientemente, las piezas montadas. La figura 100 da la hoja de análisis de esta operación y la figura 99 muestra la película de un ciclo de trabajo.

Es fácil apreciar que, ejecutando la operación tal como se acaba de describir, se viola cada uno de los tres principios expuestos anteriormente, aunque sea el método acostumbrado. La mano izquierda *sostiene* el perno durante la mayor parte del tiempo, mientras la mano derecha trabaja productivamente. Los movimientos de ambas manos no son simultáneos ni simétricos.

Método perfeccionado de montaje.—Se construyó una plantilla sencilla de madera y se la rodeó de depósitos metálicos del tipo de suministro por gravedad, como los que aparecen en las figuras 127, 128

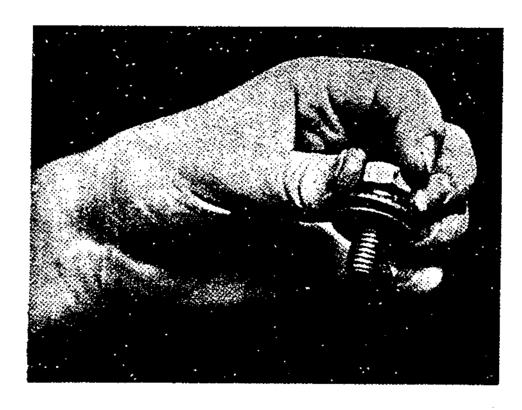


Fig. 126.—El agujero de la arandela de goma es ligeramente inferior al diámetro exterior del perno, de forma que cuando este se introduce a través de aquel, a presión, la arandela de goma impide que salgan las demás arandelas

y 129. Se distribuyeron por duplicado los depósitos de arandelas, a fin de que ambas manos pudieran moverse simultáneamente montando arandelas en dos pernos al mismo tiempo. Como se puede apreciar en la figura 127, los depósitos 1 contienen las arandelas de goma; los 2, las de acero; los 3, las arandelas de seguridad, y el depósito 4, situado en el centro de la plantilla, contiene los pernos. Los fondos de los depósitos forman un ángulo de 30° con el plano horizontal, de modo que las piezas descienden por sí mismas sobre el tablero, a medida que se utilizan en los montajes.

En la parte delantera de la plantilla se hicieron dos agujeros abocardados o cavidades, como se aprecia en la figura 128, dentro de los cuales caben holgadamente las tres arandelas: la de goma, al fondo; la plana de acero, a continuación, y la de seguridad, encima. Como puede verse en la figura 128, hay un agujero que atraviesa el tablero, y cuyo diámetro es ligeramente mayor que el del perno. Una deslizadera metálica provista de aberturas a derecha e izquierda de las cavidades

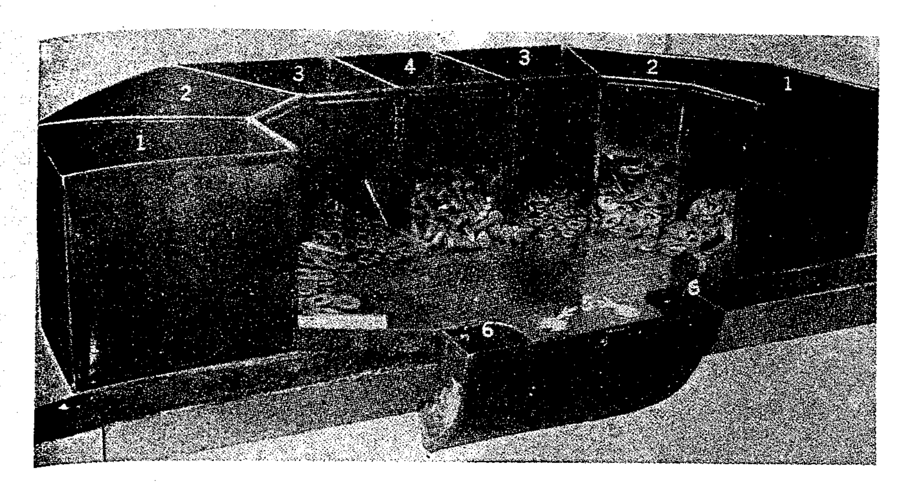


Fig. 127.—Distribución de los depósitos, orificios y deslizadera para caída al depósito inferior, utilizados en el montaje de pernos y arandelas

permite la caída, por simple gravedad, de los montajes dentro de una caja situada debajo del banco de trabajo (fig. 129).

Montando el perno y las arandelas en la forma indicada en el simograma de la figura 102, las dos manos se mueven simultáneamente hacia los depósitos duplicados 1, cogen dos arandelas de goma, que descansan en el tablero de madera delante de los depósitos, y las deslizan a su sitio en las dos cavidades de la plantilla. De igual forma, las dos manos deslizan las arandelas de acero a su sitio encima de las de goma, y luego las de seguridad sobre las anteriores. A continuación, cada mano coge un perno y lo introduce en las arandelas, colocadas de forma que sus agujeros sean concéntricos. El agujero de la arandela de goma es ligeramente inferior que el diámetro exterior del perno,

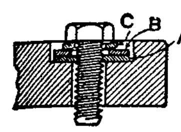


Fig. 128. — Sección transversal del tablero, que muestra el orificio especial practicado en el mismo para insertar el perno en las arandelas: *A*, arandela de goma; *B*, arandela de acero; *C*, arandela de seguridad

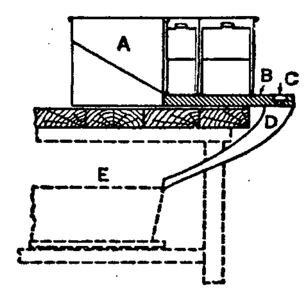


Fig. 129. — Sección transversal de los depósitos, en la que se muestran los dispositivos para que las piezas montadas lleguen al depósito inferior por gravedad: *A*, depósito con fondo inclinado; *B*, borde superior del tablero; *C*, orificios abocardados para insertar los pernos en las arandelas; *D*, dispositivos de caída al depósito inferior; E, depósito para las piezas montadas

de forma que cuando se fuerza este a través del agujero, la arandela de goma se ajusta en torno suyo, impidiendo que las otras arandelas caigan al sacar el montaje de la plantilla (véase Fig. 126). Las dos manos sueltan simultáneamente los montajes encima de la deslizadera metálica. Como el operario comienza el ciclo siguiente con las manos en esta posición, los dedos índice y medio de cada mano lo están ya para coger las arandelas de goma, situadas muy cerca de ellos.

Un estudio detallado de los métodos antiguo y perfeccionado de montaje de perno y arandelas muestra:

	Minutos
Tiempo medio necesario para hacer un montaje de perno y arandela por el método antiguo ...	0,084
Tiempo medio necesario para hacer un montaje de perno y arandela por el método perfeccionado ...	0,055
TIEMPO AHORRADO ...	0,029
Aumento en la producción: 53 por 100 (3).	

(3) A veces, el resultado de un método perfeccionado se expresa en "porcentaje de producción" y otras en "porcentaje de tiempo ahorrado". Estos porcentajes no significan lo mismo. Posiblemente, el cálculo dado a continuación sirva para poner en claro la cuestión:

PORCENTAJE DE AUMENTO DE PRODUCCIÓN

$$\frac{\left[\text{Piezas producidas por minuto utilizando el método nuevo}\right] - \left[\text{Piezas producidas por minuto utilizando el método antiguo}\right]}{\left[\text{Piezas producidas por minuto utilizando el método antiguo}\right]} \times 100 = \left[\text{Aumento de producción en \%}\right]$$

Ejemplo:

Tiempo por montaje, método antiguo ...	= 0,084 minutos.
Número de montajes por minuto, método antiguo ...	= 1:0,084 = 11,9
Tiempo por montaje, método moderno ...	= 0,055 minutos.
Número de montajes por minuto, método moderno ...	= 1:0,055 = 18,2

$$\frac{18{,}2 - 11{,}9}{11{,}9} \times 100 = 53 \text{ por 100 de aumento de producción.}$$

PORCENTAJE DE AHORRO DE TIEMPO

$$\frac{\left[\text{Tiempo por pieza utilizando el método antiguo}\right] - \left[\text{Tiempo por pieza utilizando el método moderno}\right]}{\left[\text{Tiempo por pieza utilizando el método antiguo}\right]} \times 100 = \left[\text{Ahorro de tiempo en \%}\right]$$

(Sigue en la pág. siguiente.)

El método perfeccionado, en contraposición con el método antiguo de montar perno y arandelas, está de acuerdo con los tres principios de economía de movimientos mencionados. Las dos manos comienzan y terminan sus movimientos en el mismo instante, y se mueven simultáneamente en direcciones opuestas. No hay tiempo de inactividad, y ninguna de las manos se utiliza para sostener el material, mientras la otra ejecuta el trabajo, como ocurría en el método antiguo.



FIG. 130.—Disposición del lugar de trabajo según el método antiguo de llenar un sobre con cuatro hojas de impresos publicitarios

Operación de llenar sobres con impresos publicitarios.—Esta operación consiste en meter en un sobre cuatro impresos publicitarios, cerrarlo y pegarlo después. En el método antiguo, la operaria cogía, con la mano derecha y de una en una, las hojas, las pasaba a la mano izquierda, las golpeaba ligeramente para igualarlas y después las introducía en el sobre (véase Fig. 130). Como fácilmente se comprende, la mano *izquierda* permanecía inactiva durante gran parte del tiempo al tener

Ejemplo:

Tiempo por pieza, método antiguo ...	= 0,084 minutos.
Tiempo por pieza, método perfeccionado ...	= 0,055 —

$$\frac{0{,}084 - 0{,}055}{0{,}084} \times 100 = 35 \text{ por 100 de ahorro de tiempo.}$$

que sostener las hojas de papel; es decir, que trabajaba de una manera poco eficaz durante parte del ciclo. En cuanto a la mano *derecha*, también permanecía inactiva durante algún tiempo.

Método perfeccionado.—Se construyeron dos pequeñas piezas triangulares de cartón y se fijaron a dos hojas, también de cartón, sobre las que se colocaban los impresos publicitarios (véase Fig. 131). Quedaban estos, así, agrupados en montones a uno y otro lado de cada una de las piezas citadas, que servían a la operaria como dispositivo auxiliar para coger dos impresos a la vez con cada mano. Dediles de goma facilitaban



FIG. 131.—Pieza triangular de cartón utilizada provisionalmente para coger a la vez dos impresos publicitarios

más aún la tarea. Dado que se enviaban con mucha frecuencia hojas de las mismas dimensiones que las mostradas en la figura 132, se dispuso el lugar de trabajo para esta tarea con carácter permanente. En la figura 132 se ven los bloques de madera triangulares marcados con la letra *A*. La operación consiste ahora en coger al mismo tiempo dos hojas de papel con cada mano, reunirlas, golpearlas ligeramente sobre el bloque *B* e introducirlas después en el sobre.

Siguiendo el método antiguo de llenar sobres, cogiendo las hojas de una en una, la producción era de 350 por hora; con el nuevo método se llenaron 750 sobres por hora. Indudablemente, el nuevo método es mucho más fácil que el antiguo, ya que ha permitido sobrepasar el doble de la producción primitiva.

Plegado de cajas de cartón.—Las salchichas de Francfort se envasan normalmente en cajas de cartón para su envío al mercado de venta de carne al por menor. Estas cajas se distribuyen a las casas empaquetadoras en forma de láminas de cartón, provistas de las ranuras



FIG. 132.—Disposición del lugar de trabajo para llenar sobres con impresos publicitarios, según el nuevo método. Como los impresos tenían siempre las mismas dimensiones, el lugar de trabajo se estableció de una manera permanente: *A*, bloques triangulares; *B*, bloque sobre el cual se golpean ligeramente los impresos para igualarlos

y de las lengüetas necesarias para poder armar la caja antes de proceder al empaquetado de las salchichas. La tapa de cartón, de dimensiones ligeramente mayores que el cuerpo del envase, se coloca sobre este, encajándola convenientemente (véase Fig. 133). La forma de la tapa y del cuerpo de la caja es la misma; por tanto, una y otro se pliegan de igual manera.

Método antiguo.—La operaria recorría tres metros para coger un paquete de 50 cajas de cartón sin armar, es decir, en láminas, y lo transportaba a la mesa de plegado. Después, y valiéndose de ambas manos,

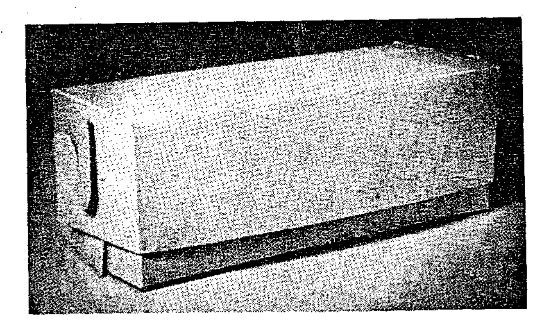


FIG. 133.—Caja de cartón para el empaquetado de salchichas

separaba un grupo de ocho de estas láminas, abría todas las ranuras de las mismas, para facilitar la operación y, finalmente, las colocaba sobre la mesa, con los extremos vueltos hacia ella; a continuación cogía las solapas laterales de las láminas y plegaba simultáneamente las del fondo y los lados hacia el centro del cartón (véase Fig. 134); sujetando la parte izquierda en posición adecuada, insertaba la lengüeta del lado derecho en su ranura correspondiente del lado izquierdo; después, empujaba unos 10 cm hacia adelante la caja parcialmente montada y repetía la operación con tres cajas más; finalmente, daba la vuelta a las cajas para plegar el otro extremo, y colocaba la caja terminada en un transportador que la trasladaba al lugar donde iba a ser llenada.

Método perfeccionado.—En primer lugar, se construyó (4) el sencillo dispositivo o molde de madera representado en la figura 135 y se estableció que los paquetes fueran llevados en una carretilla junto a la mesa de trabajo. De esta forma, la operaria coge un paquete de 50 láminas y lo coloca sobre el soporte *A* de la figura 135. Tiende la mano izquierda hacia el extremo más próximo del paquete, coge la lámina su-

(4) Método perfeccionado debido a Eugene J. Smith.

perior del mismo por uno de los lados menores de la caja y la coloca sobre el molde *B*, mientras con la mano derecha deposita sobre el transportador la caja que acaba de terminar. Con esta mano coge el costado derecho de la lámina, que está ya en el molde, y sujetando, así, un extremo con cada mano, empuja la lámina dentro del mismo; este obliga al



FIG. 134.—Procedimiento antiguo para doblar las cajas de cartón. La mano izquierda sostiene un lado de la caja, mientras la derecha inserta la lengüeta del otro en la ranura correspondiente

lado mayor y solapas posteriores a doblarse 90° y al lado mayor y solapas anteriores 45°. Después, y moviendo simultáneamente ambas manos, la operaria coge las solapas anteriores y las lleva hacia las posteriores, a fin de colocar cada lengüeta frente a la ranura del otro lado, en la que debe encajar. Mientras se sostienen con los dedos las solapas en esta posición, los pulgares de cada mano se dirigen hacia las esquinas de la caja y las empujan hacia atrás, de forma que las lengüetas de cada lado encajen en las ranuras del opuesto, y queda formada la caja. Finalmente, la operaria coloca la caja como hemos dicho, sobre el transportador.

Resultados.—Con este nuevo método, la operaria ha duplicado su producción, y hay que tener en cuenta que los dispositivos de madera que hubo que construir costaron en total 10 dólares. El nuevo método de trabajo es mejor que el antiguo por las dos razones siguientes: 1.ª Elimina la operación previa de "rotura" de las ranuras o líneas de plegado;



FIG. 135.—Nuevo método para plegar cajas de cartón. Dos sencillos dispositivos ayudan a la formación de la caja, evitando tener que sujetar esta con la mano mientras se insertan las lengüetas, operación que se realiza ahora con las dos manos al mismo tiempo. La operaria consiguió así duplicar su producción

2.ª Elimina también la operación de sostener un costado de la caja mientras se inserta la lengüeta del lado opuesto con la otra mano.

Movimientos no simétricos.—Con frecuencia, la naturaleza del trabajo impide al operario mover los brazos simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas. Cuando esto sucede, hay que estudiar la posibilidad de disponerlo de forma que el operario mueva los brazos simultáneamente en direcciones perpendiculares entre sí. En la figura 136 se muestra un ejemplo de este tipo de movimiento. La operación consiste en envolver interruptores eléctricos y meterlos en cajas. Según el método antiguo se colocaba el producto que iba a ser envuelto en uno de los extremos de la hoja de papel y, luego, doblando y enrollando, se terminaba la operación. A continuación se introducía el producto en una caja de fibra y se tapaba. Con este método se perdían mucho tiempo y esfuerzo y se gastaba mucho papel.

Con el método perfeccionado se sacan dos tiras estrechas de papel de las cajas *A* y *B* (véase Fig. 136) y se sitúan encima de la caja de fibra, por medio de movimientos perpendiculares de los brazos. A continuación se coloca el interruptor sobre el papel, se le empuja dentro de la

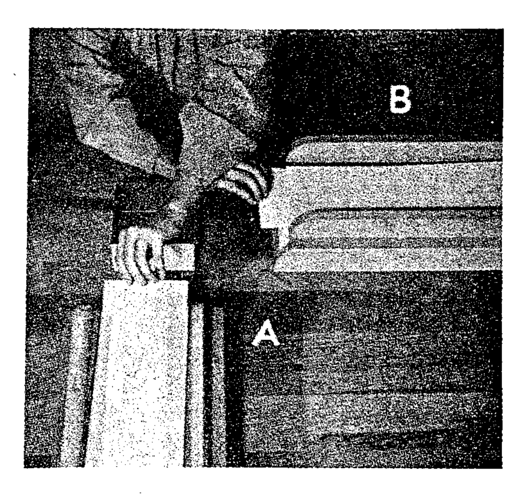


FIG. 136.—Movimientos simultáneos de los brazos perpendicularmente entre sí. La operación es embalar interruptores eléctricos

caja y se pliegan ambos extremos del papel sobre el interruptor con movimientos simultáneos de ambas manos. Finalmente, se coloca la tapa sobre la caja. El nuevo método requiere el 40 por 100 menos de tiempo que el antiguo.

Existe cierto equilibrio y facilidad en el control muscular de estos movimientos, ejecutados perpendicularmente entre sí, que los hacen superiores a los movimientos de los brazos en la misma dirección. No obstante, no resultan tan fáciles de hacer como los movimientos simultáneos de los brazos en direcciones opuestas y se deben utilizar solo cuando estos últimos no son posibles.

Trabajo con una y dos manos.—En la tabla X se muestran los resultados de un estudio (5) sobre el tiempo necesario para seleccionar

---

(5) *University of Iowa Studies in Engineering. Boletín 21,* 1940.

TABLA X.—ESTUDIO DEL TRABAJO CON UNA Y DOS MANOS

		Mano derecha trabajando sola		Mano izquierda trabajando sola		Ambas manos trabajando simultáneamente	
		Depósito rectangular	Depósito con bandeja	Depósito rectangular	Depósito con bandeja	Depósito rectangular	Depósito con bandeja
SELECCIONAR Y COGER Tuerca del depósito en *A* (véase grabado)	Tiempo en minutos ...	0,00723	0,00438	0,00822	0,0052	0,01307	0,00674
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	114	118	181	154
TRANSPORTE CON CARGA Llevar tuerca una distancia de 12,7 cm desde *A* a *B*	Tiempo en minutos ...	0,00292	0,00235	0,00347	0,00234	0,0038	0,0027
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	119	100	130	115
DEJAR CARGA Soltar tuerca en agujero de 2,54 cm en *B*	Tiempo en minutos ...	0,00403	0,00403	0,0038	0,00453	0,00463	0,005
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	106	100	100	112	122	124
TRANSPORTE EN VACIO Mover la mano hacia el depósito en *A* para coger tuerca...	Tiempo en minutos ...	0,00314	0,00277	0,00282	0,00304	0,00308	0,00337
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	111	100	100	110	110	122
CICLO TOTAL	Tiempo en minutos ...	0,0173	0,01351	0,01832	0,0151	0,02459	0,01778
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	106	112	142	131

y coger, transportar y soltar unas tuercas situadas en dos tipos de depósitos diferentes. El trabajo se realizó con la mano derecha solamente, con la mano izquierda sola y con las dos manos simultáneamente.

La operación consistía en seleccionar y coger tuercas (números 2 y 8) de un depósito, transportarlas una distancia de 12,7 cm y dejarlas en un agujero situado encima de la mesa. Se hizo el estudio con un depósito rectangular y luego se repitió con uno provisto de bandeja. En la página 272 se muestran estos depósitos. El operario trabajaba primero con la mano derecha sola, luego con la izquierda sola y finalmente con ambas manos.

Para un ciclo completo se obtuvo el mínimo de tiempo cuando la mano derecha trabajaba sola. Un ciclo con la mano izquierda necesitó un 6 por 100 más de tiempo con el depósito rectangular y un 12 por 100 más con el depósito provisto de bandeja; y un ciclo con ambas manos necesitó del 30 al 40 por 100 más de tiempo. No obstante, cuando se trabajaba con ambas manos se ejecutaban dos ciclos simultáneamente, por lo que el tiempo de cada ciclo era bastante menor que cuando se utilizaba la mano derecha sola.

En las condiciones observadas en esta investigación, y con los operarios estudiados, se vio claramente que un operario que trabaje bien con una mano, también lo hace bien con las dos manos, y que un operario mediano al trabajar con una mano, también lo es al trabajar con las dos. Esto sugiere que la introducción del trabajo simultáneo de ambas manos, en lugar del trabajo menos productivo de una sola mano, no perjudica a un operario más que a otro.

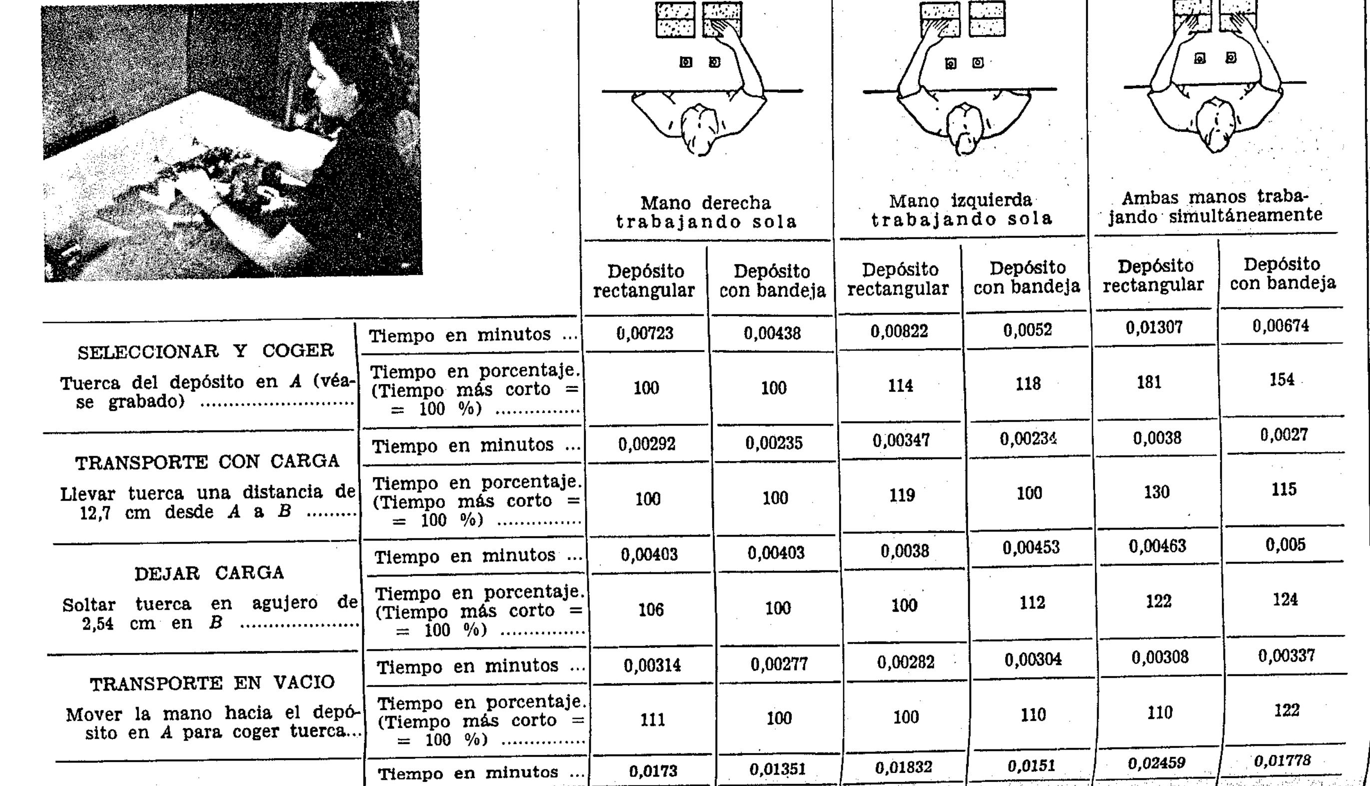
4.° Los movimientos de las manos deben quedar confinados en la clasificación más baja compatible con la posibilidad de ejecutar satisfactoriamente el trabajo.

A continuación se da una lista en orden creciente de complejidad de las cinco clases generales de movimientos de las manos, dado que subrayan la importancia de situar el material y las herramientas lo más cerca posible del punto en que han de utilizarse y de que los movimientos de las manos sean tan cortos como permita la tarea a realizar. La clasificación más sencilla, mostrada en primer término, requiere, por lo general, el mínimo de tiempo y de esfuerzo y, probablemente, produce un mínimo de fatiga.

Clasificación general de los movimientos de las manos:

1. Movimientos de los dedos.
2. Movimientos que comprenden dedos y muñeca.
3. Movimientos que comprenden dedos, muñeca y antebrazo.
4. Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo y brazo.

TABLA X.—ESTUDIO DEL TRABAJO CON UNA Y DOS MANOS



		Mano derecha trabajando sola		Mano izquierda trabajando sola		Ambas manos trabajando simultáneamente	
		Depósito rectangular	Depósito con bandeja	Depósito rectangular	Depósito con bandeja	Depósito rectangular	Depósito con bandeja
SELECCIONAR Y COGER Tuerca del depósito en *A* (véase grabado)	Tiempo en minutos ...	0,00723	0,00438	0,00822	0,0052	0,01307	0,00674
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	114	118	181	154
TRANSPORTE CON CARGA Llevar tuerca una distancia de 12,7 cm desde *A* a *B*	Tiempo en minutos ...	0,00292	0,00235	0,00347	0,00234	0,0038	0,0027
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	119	100	130	115
DEJAR CARGA Soltar tuerca en agujero de 2,54 cm en *B*	Tiempo en minutos ...	0,00403	0,00403	0,0038	0,00453	0,00463	0,005
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	106	100	100	112	122	124
TRANSPORTE EN VACIO Mover la mano hacia el depósito en *A* para coger tuerca...	Tiempo en minutos ...	0,00314	0,00277	0,00282	0,00304	0,00308	0,00337
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	111	100	100	110	110	122
CICLO TOTAL	Tiempo en minutos ...	0,0173	0,01351	0,01832	0,0151	0,02459	0,01778
	Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	100	100	106	112	142	131



FIG. 137.—Antiguo método manual de accionar una sierra circular en una fábrica de muebles.

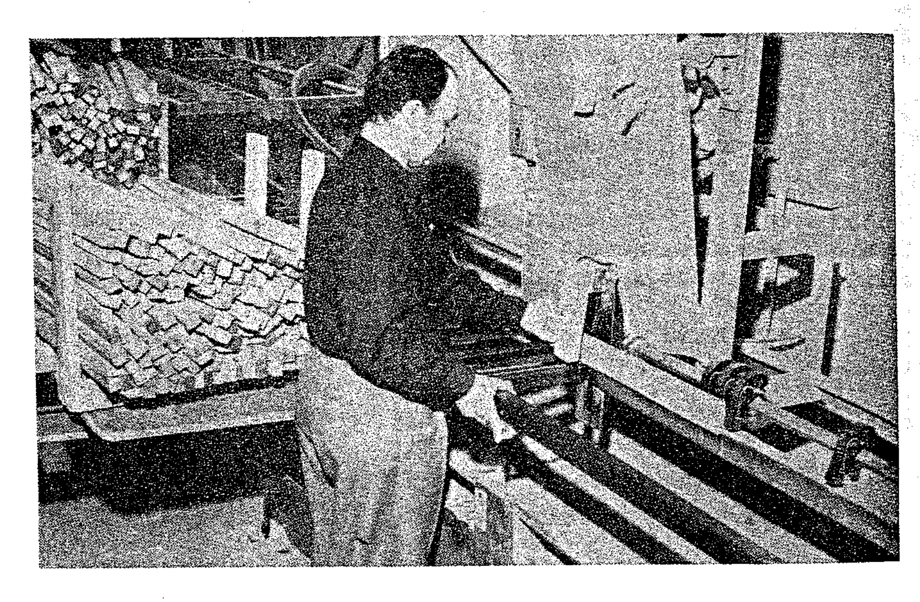


FIG. 138.—Método mejorado. El operario acciona la sierra, con la mano derecha, mediante un interruptor.

5. Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro. Esta clase necesita cambio de postura.

En la figura 137, un obrero de una fábrica de muebles acciona a mano una sierra circular para cortar los tablones a la longitud deseada. Se ideó un método mejor (Fig. 138), y ahora el operario acciona la sierra con la mano derecha mediante un interruptor, mientras con la mano izquierda alimenta la máquina, protegido por un resguardo situado en la parte delantera de la sierra. Además de este ahorro de tiempo y esfuerzo por parte del operario, se instalaron transportadores de correa, tanto para el transporte de los tablones como para llevar los desperdicios al incinerador. Antes, cada operario necesitaba un ayudante, mientras que ahora basta con uno para cada tres operarios (6).

Aunque sea preferible acortar los movimientos de las manos todo lo posible, es un error pensar que cansan menos los movimientos de los dedos que los del antebrazo. Bastará que recordemos nuestra iniciación en la escritura para convenir en que los movimientos libres y sueltos de antebrazo y muñeca son más fáciles, rápidos y uniformes que los movimientos de los dedos. En efecto, la sustitución del manipulador telegráfico movido verticalmente, por el de movimiento lateral, se derivó de la observación de que este movimiento permitía al operario trabajar con la muñeca más libre y suelta (7).

En otras investigaciones sobre movimientos se comprobó que los de los dedos provocaban más cansancio, eran menos exactos y más lentos que los del antebrazo (8). Todos los datos existentes tienden a mostrar que en el trabajo ligero es el antebrazo el miembro que se debe utilizar, y que en trabajos de gran repetición, los movimientos de la muñeca y del codo son superiores en todos sentidos a los de los dedos u hombros.

Coste fisiológico de los movimientos del cuerpo.—Los movimientos del cuerpo, además de requerir tiempo, son de alto coste fisiológico. Hemos hecho recientemente un estudio sistemático de una operación que consistía en coger ladrillos de 2,167 kg, en diversas condiciones (9). Se midieron las variaciones en el consumo de energía y en el ritmo

(6) MARTIN S. MEYERS: "Evaluation of the Industrial Engineering Program in Small Plant Management", *Proceedings Sixth Industrial Engineering Institute.* Universidad de California, pág. 37; enero 1954.

(7) M. SMITH, M. CULPIN y E. FARMER: "A Study of Telegrapher's Cramp". Industrial Fatigue Research Board. *Informe* 43, 1927.

(8) R. H. STETSON y J. A. MCDILL: "Mechanisms of the Different Types of Movement", *Psychological Monograph,* vol. XXXII, núm. 3; todo el número 145, pág. 37; 1923.

(9) Estudio realizado en el UCLA Work Physiology Laboratory, por Ralph M. Barnes, Robert B. Andrews, James I. Williams y B. J. Hamilton.

rdíaco, pudiendo verse en la tabla XI y en la figura 139 los resultados. ı el método *A*, el obrero cogía un ladrillo de una plataforma situada 13 cm sobre el nivel del suelo, y lo colocaba sobre un banco de cm de altura, lo cual suponía una gran flexión del cuerpo. En el étodo *B*, los ladrillos se pasaban desde una plataforma de 94 cm de :ura a un banco de 84 cm, lo cual requería movimientos mínimos. ›s operarios trabajaron a cuatro velocidades distintas. Con la veloɔlad menor hubo una aceleración en el ritmo cardíaco de 94 a 105 lalos por minuto, y con la más elevada el incremento fue de 106 a 148. ː manera análoga, el consumo de energía, expresado en kilocalorías ·r minuto, aumentó desde 2,5 a 5,4 para la velocidad más baja, y de ; a 10,1 con la velocidad más alta. Estos datos dan una valoración antitativa del coste fisiológico del trabajo, cuando al realizarlo son ecisas flexiones extremas del cuerpo.

5.° Siempre que sea posible debe emplearse la impulsión para ayudar al obrero y esta debe reducirse a un mínimo si se ha de vencer con esfuerzo muscular.

La impulsión (o cantidad de movimiento) de un objeto es su masa ıltiplicada por su velocidad. En la mayor parte del trabajo de fábri- el peso total movido por el operario consta de tres partes: el peso l material, el de las herramientas o dispositivos utilizados y el de la rte del cuerpo que se mueve (10). Frecuentemente, se puede utilizar impulsión de la mano, del material o de la herramienta para realizar trabajo útil. Cuando se necesita un golpe fuerte, se deben disponer movimientos del obrero de forma que el golpe se dé cuando llega su impulsión máxima (11). Por ejemplo, al construir un muro de lrillos, "si se transportan los ladrillos desde la plataforma de almaıamiento hasta el muro sin ninguna parada, se puede usar su imlsión para realizar un trabajo útil ayudando a empujar el mortero. en vez de utilizarla, han de vencer su impulsión los músculos del ›añil, se provocará la fatiga..."

"La forma ideal es mover el ladrillo siguiendo una trayectoria di-ːta y ponerlo en contacto con el muro al final de la impulsión" (12).

El método perfeccionado de fabricar confites, explicado en la pá-ıa 245, muestra igualmente el uso de la impulsión para ejecutar un bajo útil. La mano derecha sumergía la pieza en el azúcar fundi- al final de una larga pasada de retorno de la mano. La impulsión

(10) F. B. GILBRETH: *Motion Study*, pág. 63. Van Nostrand Co. Nueva rk, 1911.

(11) C. S. MYERS: *Industrial Psychology in Great Britain*, pág. 88. Jonathan pe. Londres, 1926.

(12) F. B. GILBRETH: *op. cit.*, pág. 78.

TABLA XI.—COSTE FISIOLÓGICO DE DOS MÉTODOS DISTINTOS DE MANIPULAR LADRILLOS

Operario	MÉTODO A Máxima flexión del cuerpo								MÉTODO B Mínimo movimiento del cuerpo							
	Consumo de energía en Kcal/minuto				Ritmo cardíaco en latidos/minuto				Consumo de energía en Kcal/minuto				Ritmo cardíaco en latidos/minuto			
	Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto			
	16	22	28	34	16	22	28	34	16	22	28	34	16	22	28	34
1	5,4	5,7	6,8	8,5	102	104	109	131	2,8	3,1	3,3	5,8	92	92	92	113
2	5,4	6,8	7,9	10,2	110	126	134	155	2,3	2,6	3,3	3,8	100	97	107	109
3	5,3	6,8	8,5	11,7	102	113	126	159	2,5	2,7	3,0	3,8	90	97	97	95
Media	5,4	6,4	7,7	10,1	105	114	123	148	2,5	2,8	3,2	4,5	94	95	99	106

TABLA XI.—COSTE FISIOLÓGICO DE DOS MÉTODOS DISTINTOS DE MANIPULAR LADRILLOS

Operario	METODO A Máxima flexión del cuerpo								METODO B Mínimo movimiento del cuerpo							
	Consumo de energía en Kcal/minuto				Ritmo cardíaco en latidos/minuto				Consumo de energía en Kcal/minuto				Ritmo cardíaco en latidos/minuto			
	Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto				Número de ladrillos manipulados por minuto			
	16	22	28	34	16	22	28	34	16	22	28	34	16	22	28	34
1	5,4	5,7	6,8	8,5	102	104	109	131	2,8	3,1	3,3	5,8	92	92	92	113
2	5,4	6,8	7,9	10,2	110	126	134	155	2,3	2,6	3,3	3,8	100	97	107	109
3	5,3	6,8	8,5	11,7	102	113	126	159	2,5	2,7	3,0	3,8	90	97	97	95
Media	5,4	6,4	7,7	10,1	105	114	123	148	2,5	2,8	3,2	4,5	94	95	99	106

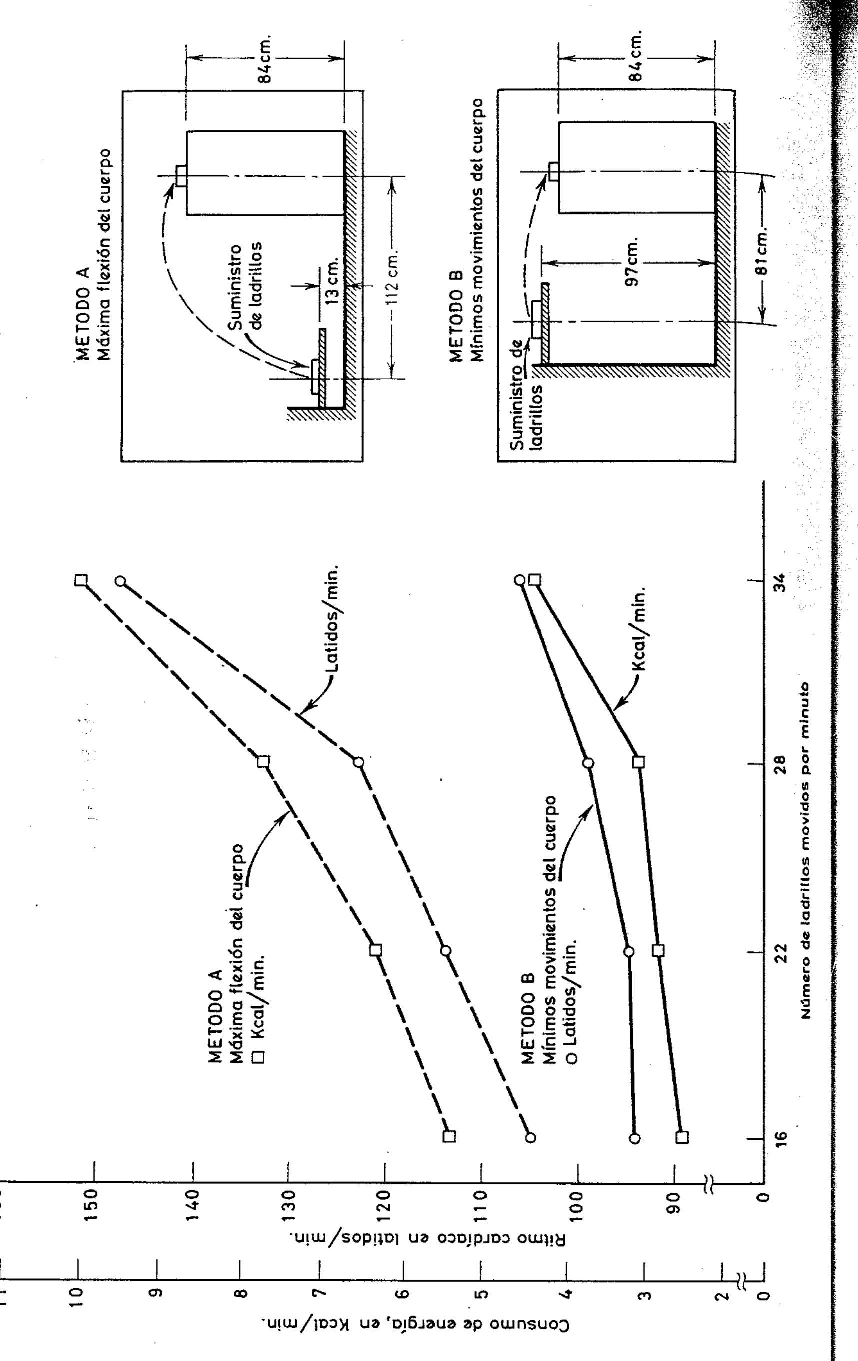


FIG. 139.—Coste fisiológico de dos métodos diferentes de manipular ladrillos. Método A, máxima flexión del cuerpo; Método B, mínimos movimientos del cuerpo.

desarrollada por la mano y la horquilla de inmersión vacía se utilizaba en trabajo útil, en lugar de ser absorbida por los músculos del brazo del operario.

En muchas ocasiones, la impulsión no tiene un valor productivo Entonces, su presencia no es deseable, debido a que los músculos han de contrarrestarla. Cuando se presenta un caso así, se deben estudiar las tres clases de peso o masa antes mencionados, con el fin de reducir

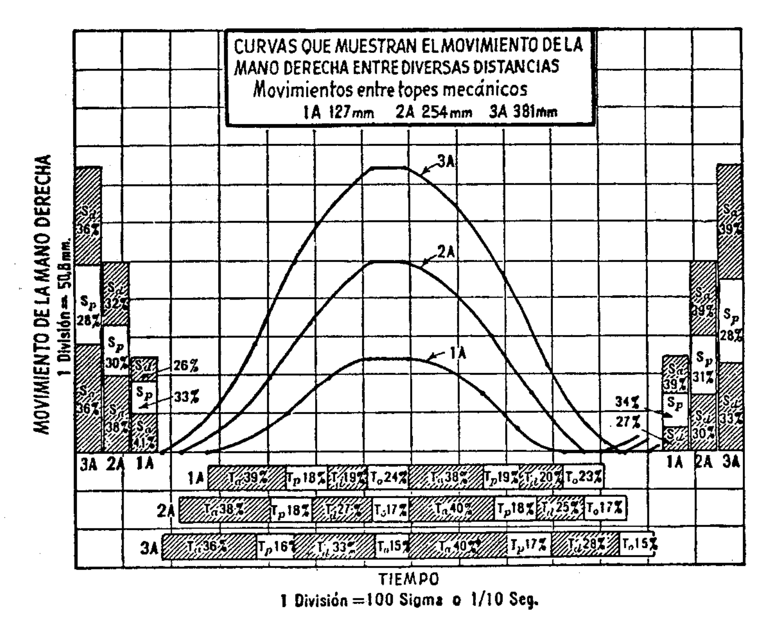


FIG. 140.—Curvas que muestran el movimiento de la mano derecha a través de diversas distancias, entre dos topes mecánicos.

cada uno de ellos a un mínimo. Además, debe mantenerse baja la velocidad de los movimientos, haciendo que estos sean lo más cortos posible. Hay una serie de herramientas que son más eficaces cuando se construyen del material más ligero de que se disponga. Estas herramientas no requieren la impulsión o el golpe para funcionar debidamente. Para muchas clases de trabajo, el uso de una pala o paleta pesadas produce mayor fatiga que el de una ligera de las mismas dimensiones y rigidez.

Existen muchas consideraciones adicionales que entran en la determinación del tamaño y peso adecuados de los materiales y herramientas que han de utilizarse para conseguir el rendimiento máximo. Pero, desgraciadamente, los datos recogidos no tienen valor para ser presentados aquí. Como regla general, puede decirse que cada caso está rodea-

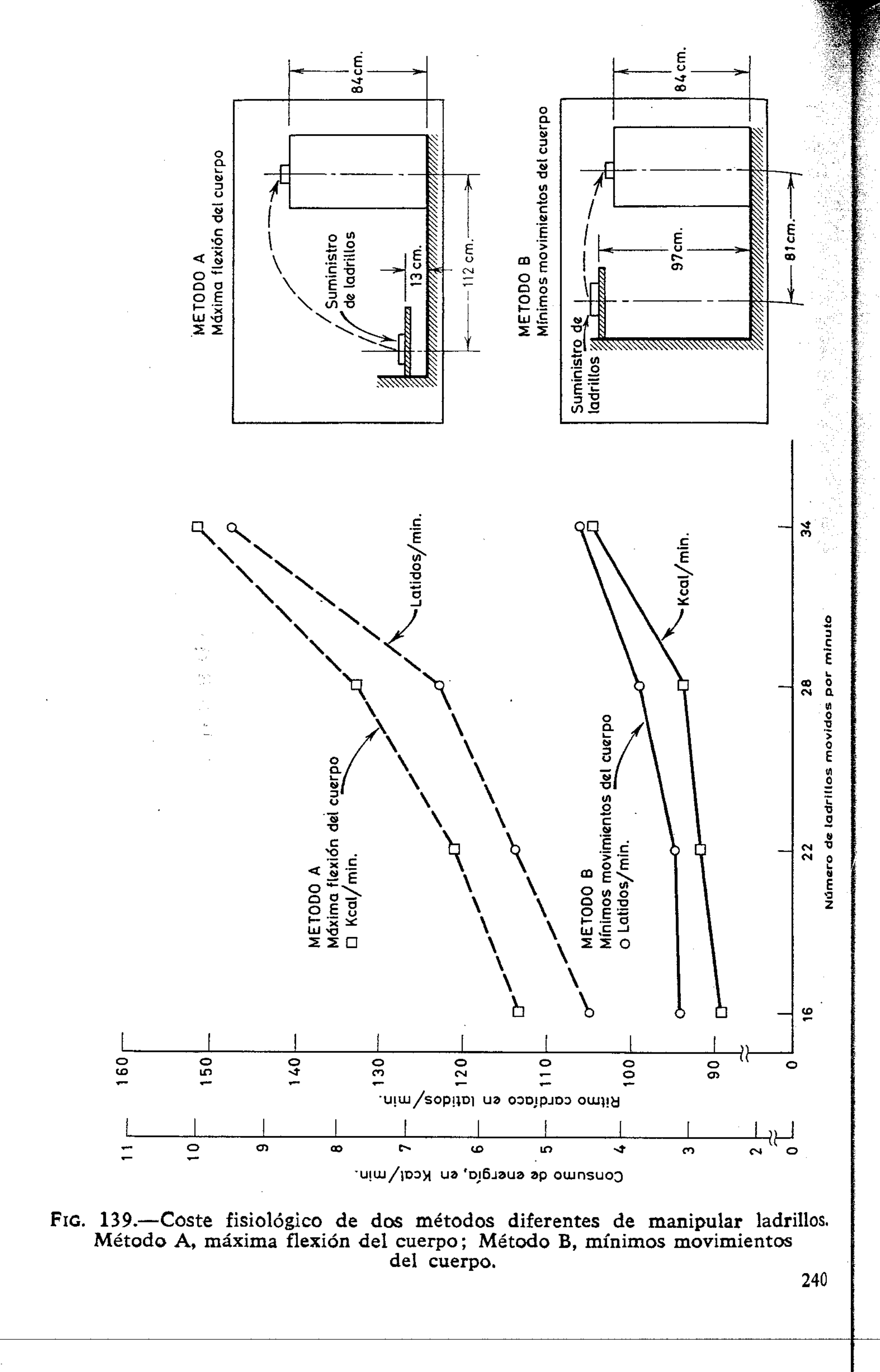


FIG. 139.—Coste fisiológico de dos métodos diferentes de manipular ladrillos. Método A, máxima flexión del cuerpo; Método B, mínimos movimientos del cuerpo.

do de circunstancias y condiciones peculiares al mismo, por lo que hay que someterlo a una investigación especial.

6.° Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos a los movimientos en zigzag o en línea recta con cambios de dirección repentinos y bruscos.

La sencilla operación de mover un lápiz adelante y atrás sobre una hoja de papel comprende dos fases: el movimiento y la parada y cambio de dirección. En la figura 140 se muestran los resultados de un estudio (13) sobre los movimientos de la mano: *transporte con carga* (en dirección opuesta al cuerpo), *parada* y *cambio de dirección y transporte con carga* (hacia el cuerpo). En ella se ve que en un movimiento

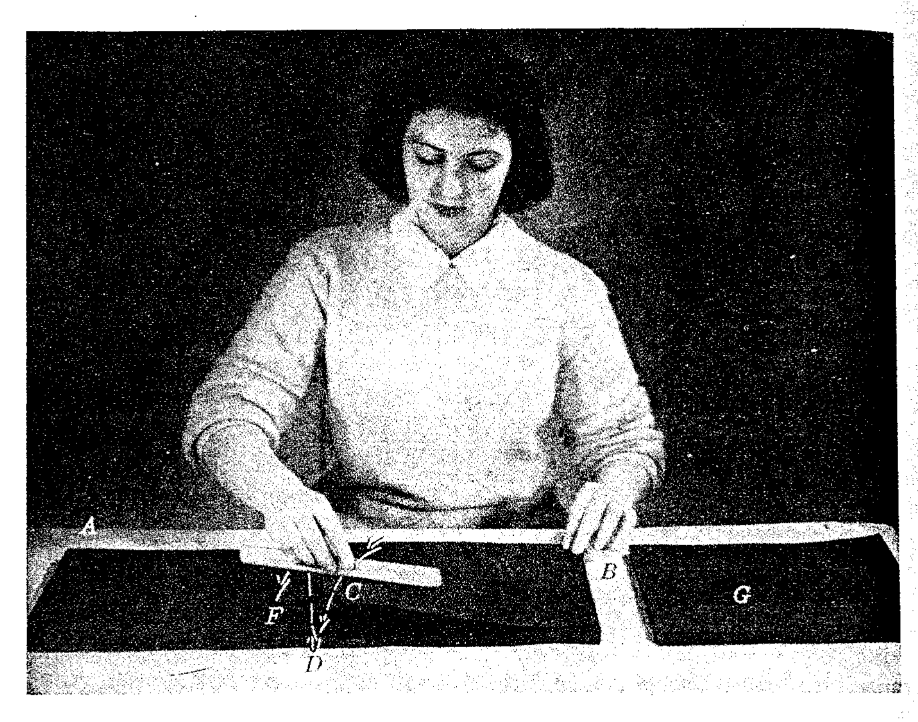


FIG. 141.—Trayectoria seguida por la mano para doblar una hoja de papel, según el método antiguo. En ella se observan dos cambios bruscos de dirección en *D* y *E*. Se precisan dos pasadas de la plegadera para efectuar el doblado.

(13) Estudio realizado por WAYNE J. DEEGAN, *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 6, págs. 37-51. Véanse también los resultados de un estudio de A. B. CUMMINS, *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 12, págs. 8-18.

completo de ida y vuelta del 75 al 85 por 100 del tiempo se emplea en mover la mano, y del 15 al 25 por 100 restante en cambiar de dirección; esto es, durante el 15 al 25 por 100 del tiempo la mano y el lápiz no se mueven. Estudios ulteriores (14) muestran que los movimientos curvos y continuos son preferibles a los en línea recta, con cambios de dirección bruscos y repentinos. Estos no solo consumen tiempo, sino que cansan al operario.

Los movimientos curvos suaves se pueden usar en muchas tareas del taller y de la oficina. A continuación se dan algunos ejemplos.

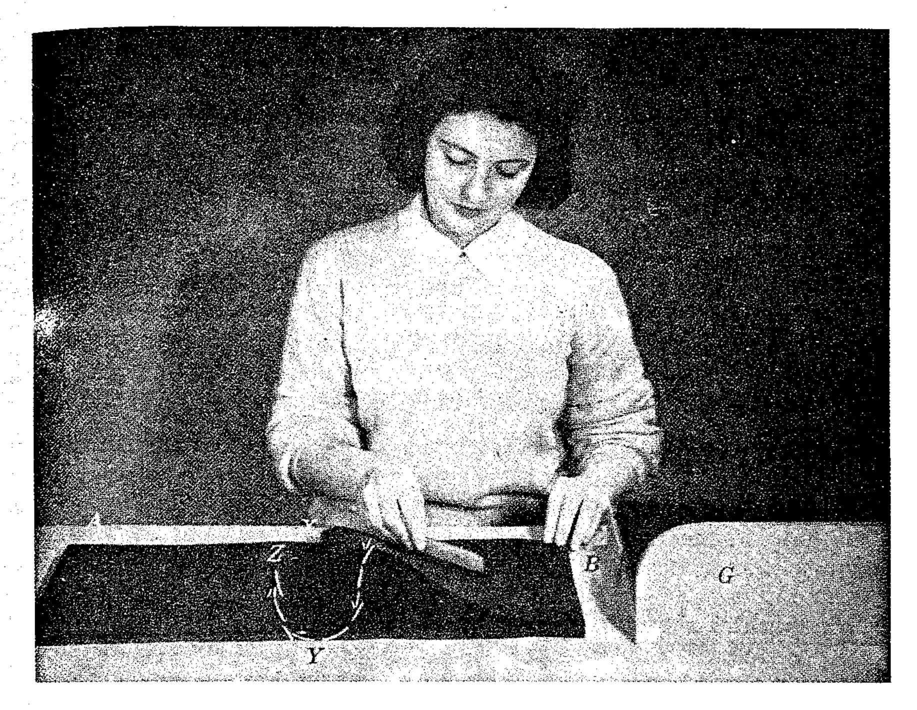


FIG. 142.—Trayectoria seguida por la mano para doblar una hoja de papel, según el nuevo método. La mano realiza un movimiento en forma de *S* para doblar la hoja de una sola pasada de plegadera. El rendimiento aumentó en un 43 %.

Plegado de papel.—Se trata de doblar hojas rectangulares de papel que se utilizan en el empaquetado de placas de rayos X. El tamaño de las hojas de papel varía entre 76 × 127 mm y 305 × 381 mm. Aunque se pliegan varios millones de estas hojas de papel al año, resulta más económico realizarlo a mano que a máquina, debido a los muchos tamaños diferentes utilizados.

(14) Véase nota anterior.

Método antiguo de plegar papel.—La operaria, sosteniendo una plegadera suave, de hueso, en la mano derecha, cogía la esquina inferior derecha *A* de la hoja de doblar (véase Fig. 141) y la llevaba hasta superponerla a la esquina *B*, a partir de la cual las dos manos hacían coincidir los extremos de la hoja alineándolos convenientemente. Después, la mano derecha, alejándose del cuerpo, iba doblando la hoja con la plegadera de *C* a *D*. En *D*, la mano se paraba y cambiaba bruscamente de dirección para terminar el plegado desde *D* hasta *E*, en donde volvía a cambiar de dirección girando algo hacia *F*, y aquí introducía la punta de la plegadera debajo de la hoja doblada, de forma que la mano izquierda pudiera cogerla más fácilmente para colocarla sobre el montón de hojas dobladas *G*.

Método perfeccionado de plegar papel.—La operaria coge el ángulo inferior derecho *A* de la hoja de papel (véase Fig. 142) y lo coloca sobre la otra esquina *B*, desde la cual las dos manos alinean y hacen coincidir los extremos y ángulos de la hoja. Después imprime a la mano un suave movimiento en forma de S, de manera que la plegadera va apoyándose sobre el papel, para doblarlo, desde *X* hasta *Y*. De esta forma, el plegado se realiza con una sola pasada de la plegadera. La mano continúa el movimiento curvilíneo desde *Y* hasta *Z*, en donde, al igual que en el antiguo método, el extremo de la plegadera se introduce bajo la hoja doblada para ayudar a la mano izquierda, que ha de llevarla hasta el montón *G* de hojas dobladas.

Resultados. Utilizando el método perfeccionado solo se necesita un movimiento de plegado para completar el ciclo, en lugar de los dos (uno corto y otro largo) exigidos por el método antiguo. Además, en el método perfeccionado se usan dos movimientos curvos de las manos, en lugar de dos cambios de dirección completos y otro de 90 grados del método antiguo.

Un estudio de micromovimientos de estos dos métodos muestra que se requerían 0,009 minutos para hacer el doblez por el método antiguo, contra 0,005 minutos por el moderno. El método perfeccionado, además de otros cambios en el ciclo, redujo el tiempo total de 0,058 a 0,033 minutos por ciclo, permitiendo a la operaria aumentar su producción en un 43 por 100.

Método antiguo de fabricar confites por inmersión.—Otro ejemplo del valor de los movimientos curvos sobre los que siguen una línea recta y exigen cambios repentinos de dirección (15) es la operación de fabricar confites por inmersión en azúcar fundido.

(15) E. Farmer: "Time and Motion Study", Industrial Fatigue Research Board. *Informe* 14, págs. 36-41, 1921. Las figuras 143 y 144 se han reproducido con la autorización del interventor de la Oficina del Timbre. Londres.

El proceso de inmersión se llevaba a cabo de la siguiente forma: con la mano izquierda se colocaba un *centro* (almendra, avellana, nuez o caramelo) en un recipiente que contenía azúcar fundido y con la derecha, provista de un tenedor, se le cubría de azúcar, colocándolo luego sobre una bandeja situada a la derecha del operario. Para bañar de caramelo cada pieza se necesitaban 2 segundos, aproximadamente.

Aunque las líneas de la figura 143 no muestran los movimientos exactos de la mano derecha, sí dan una visión de los principales movimientos utilizados. Mientras la mano izquierda colocaba un *centro*

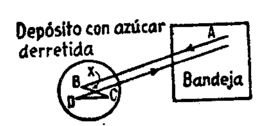


Fig. 143.—Método antiguo de fabricar confites.

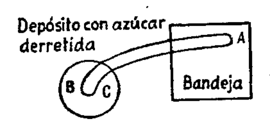


Fig. 144.—Método perfeccionado de fabricar confites.

en el recipiente del azúcar fundido, la mano derecha llevaba el tenedor vacío de la bandeja *A* al recipiente *B*, cogía un poco de azúcar fundido espeso y lo echaba sobre el centro, en *X*. Cuando la mano llegaba a *C*, se movía hacia la izquierda del recipiente, transportando con la punta del tenedor el centro correspondiente. Este se cogía en *D* y se llevaba a la bandeja, en donde se depositaba. Las objeciones que se hicieron contra este método eran que la mano se paraba en *B* y cambiaba bruscamente de dirección, y luego en *C* se invertía la dirección casi por completo. Estas paradas y cambios de dirección repentinos fatigaban los músculos del brazo innecesariamente.

Método perfeccionado de fabricar confites por inmersión.—La figura 144 muestra esquemáticamente el método perfeccionado de fabricar confites por inmersión. Se introduce el *centro* en el azúcar fundido por un movimiento curvilíneo, suave, de la mano en lugar de por una serie de cortos movimientos en zigzag, como los utilizados en el método antiguo. En el método perfeccionado, la mano, después de dejar el confite terminado sobre la bandeja, se mueve de *A* a *B* como antes, pero llega a *B en medio de una curva cerrada y descendente, en la mejor posición para realizar el trabajo.* Esto permite utilizar la impulsión desarrollada en el movimiento *A-B* para realizar la parte más fatigosa del trabajo, ya que la inmersión es la fase del proceso que ofrece mayor resistencia a la mano. En el proceso antiguo, esta inmersión se hacía por medio de un movimiento corto de retroceso, inmediatamente después de la parada y cambio de dirección de la mano, desperdiciando la impulsión desarrollada durante el movimiento *A-B*, al detenerse la mano en *B* para cambiar de dirección. Utilizando el movimiento de descenso de la mano, en el método perfeccionado, el azúcar fundido cubre

el *centro* que, pasando por debajo de la superficie en la segunda parte de la curva, emerge en el punto *C*. Después, se deposita el confite con un movimiento circular sobre la bandeja. Por el método moderno, la mano realiza movimientos fáciles y suaves, ejecutando los cambios de dirección por medio de curvas.

Resultados. Se enseñó el método perfeccionado a un grupo de obreros de la fábrica, quienes, después de un período corto de aprendizaje, aumentaron su producción en un 27 por 100, por término medio. No obstante, como había muchos obreros que habían utilizado el método antiguo durante muchos años, fue difícil persuadir a algunos para que siguieran el método perfeccionado. Aprovechando la oportunidad de que se instalaba una nueva sala de inmersión, equipada con bandejas y mesas de nuevo diseño, se enseñó a los nuevos operarios el método adecuado de inmersión. Después de tres meses de trabajo en esta nueva sala, los operarios nuevos producían, por término medio, un 88 por 100 más que los que trabajaban en la sala original.

7.° Los movimientos balísticos son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos (fijación) o "controlados".

Los movimientos voluntarios de los miembros del cuerpo humano pueden dividirse en dos clases o grupos generales:

A) En los movimientos controlados o de *fijación* se contraen grupos opuestos de músculos: un grupo contra el otro. Por ejemplo, al llevar el lápiz hacia el papel, para escribir, dos o más grupos de músculos se ponen en acción. Los músculos positivos mueven la mano y los antagónicos se oponen al movimiento. Cuando los dos grupos de músculos no se equilibran, la mano se mueve y cuando se equilibran exactamente, la mano se mantiene inmóvil, aunque dispuesta a actuar en cualquier dirección e instante. El método corriente de escribir es un ejemplo excelente de movimientos de fijación.

B) El movimiento *balístico* es fácil y rápido, provocado por la contracción de un grupo de músculos positivos, sin que se contraiga ningún grupo de músculos negativos para oponérsele. La contracción de los músculos provoca el movimiento de los miembros del cuerpo, y como aquellos actúan solo en la primera parte del movimiento, el miembro continúa su movimiento con los músculos relajados. El movimiento balístico está controlado por el impulso inicial, y, una vez en marcha, no se puede cambiar su curso (16). Una pasada balística puede terminar: 1) por la contracción de los músculos opuestos; 2) por un obstáculo, o 3) por disipación del impulso del movimiento, como el golpe dado a una pelota de golf.

(16) L. D. HARTSON: "Analysis of Skilled Movements", *Personnel Journal*, vol. XI, núm. 1, págs. 28-43. Junio 1932.

Es preferible el movimiento balístico al de fijación, y debe utilizarse siempre que sea posible. Es menos fatigoso, porque los músculos se contraen solo al principio del movimiento y están en descanso el resto del mismo. El movimiento balístico es más potente, rápido y exacto y provoca menos calambres musculares. Es más suave que el movimiento de fijación provocado por la contracción de dos juegos de músculos que actúan continuamente uno en contra del otro. Un ejemplo de movimiento balístico nos lo da el carpintero hábil al mover su martillo para clavar un clavo. Dirige el martillo y luego lo impele. Los músculos se contraen solo durante la primera parte del movimiento y permanecen inactivos el resto del camino. Las curvas oscilantes de la batuta de un director de orquesta son otro ejemplo de movimiento balístico. P. R. Spencer se dio cuenta del valor de este tipo de movimientos y, como todo el mundo sabe, el método de escritura *a mano libre*, que él enseñó, es más rápido y exacto y menos cansado que el método de *índice y pulgar*, en el que los músculos están tensos. El movimiento balístico es el que se les enseña a los operarios telegrafícos, pianistas, violinistas, atletas, etc., todos los cuales han de ejecutar movimientos rápidos y exactos.

No es difícil desarrollar los movimientos libres, sueltos y fáciles de la muñeca y antebrazo. La mano debe moverse alrededor de la muñeca para los movimientos cortos, y el antebrazo alrededor del codo para los largos. Los experimentos muestran que los movimientos de muñeca y codo son más rápidos que los de dedos u hombros (17).

8.° Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.

El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de una operación y debe interpretarse de dos formas diferentes. Posiblemente, se le da con más frecuencia el significado de la velocidad o rapidez con que se hacen los movimientos repetidos. En este sentido se habla del ritmo de andar o respirar. Se dice que el operario que alimenta a una máquina trabaja con un ritmo dependiente de la velocidad de la misma. Por consiguiente, en este sentido, el ritmo se refiere a la repetición regular de cierto ciclo de movimientos de un individuo.

Se puede interpretar el ritmo de una segunda forma:

Un movimiento puede ser perfectamente regular, uniforme y periódico y, sin embargo, no dar la impresión de ritmo. Si se mueve la mano o el brazo describiendo una circunferencia, puede hacerse pasar la mano por un punto de la circunferencia más veces por segundo que si estuviera animada por un movimiento rítmico menos rápido y, sin embargo, no habrá sensación de ritmo *mientras la mano se mueva uniformemente y en forma circular.* Para que sea rítmico en el sentido psicológico, es necesario el cambio siguiente en el movi-

(17) WM. L. BRYAN: "On the Development of Voluntary Motor Ability", *American Journal of Psychology*, vol. V, núm. 2, pág. 171.

miento: se ha de alargar a una elipse la trayectoria de la mano; la velocidad del movimiento en una parte de la órbita ha de ser más rápida que en el resto de la misma; precisamente en el momento en que la mano llega al extremo del arco que pasa con mayor velocidad hay una sensación de tensión, de fatiga muscular; en este punto, el movimiento se retarda, casi se para; luego, la mano continúa más lentamente, hasta que llega al arco de mayor velocidad. El movimiento rápido por el arco de velocidad, y la sensación repentina de tirantez y retraso al final de este movimiento rápido, constituyen la marca del compás. En realidad, representa un suceso, y puede decirse, provisionalmente, que una serie de esos sucesos, ligados en un ciclo de movimientos es lo que constituye un ritmo. Cada compás rítmico es un *golpe*... En todas las formas de la actividad donde se requiere un ritmo, lo esencial es el golpe, el choque, el impacto; el resto no es más que preparación y conexión (18).

El ritmo es valioso al obrero, ya sea en el sentido de un orden regular de movimientos uniformes o en el de uno de movimientos acentuados. Disponiendo debidamente el lugar de trabajo, herramientas y materiales, se consigue uniformidad, facilidad e incluso velocidad en el trabajo. El orden de movimientos apropiados permite al obrero establecer un ritmo, que le ayuda a ejecutar la operación casi automáticamente, sin esfuerzo mental alguno por su parte.

En muchas clases de trabajo, el operario tiene la oportunidad de acentuar ciertos puntos de un ciclo de movimientos. Por ejemplo, todo operario de punzonadora que la alimenta a mano tiende a empujar la lámina de material con un movimiento repentino, que constituye un punto acentuado en el ciclo. Donde el trabajo lo permite, lo más natural es que el obrero emplee el ritmo en este segundo sentido.

Ritmo individual.—Algunos sugieren que cada persona tiene su ritmo *natural* o velocidad de movimiento, que le permite trabajar con el mínimo de esfuerzo. Los hay que insisten en que se debe permitir al operario trabajar a su velocidad natural y que no debe ejercerse ninguna fuerza exterior (como el salario con incentivo) que le haga trabajar más rápidamente que su ritmo natural (19). Como resulta difícil determinar el ritmo natural de las personas y como se puede enseñar a los obreros a cambiar su ritmo ejecutando el mismo trabajo (como trabajar a velocidades diferentes o utilizar distintos juegos de movimientos), parece que no debe darse demasiada importancia a este ritmo natural. El hábito afecta poderosamente a la velocidad y orden de movimientos utilizados por un obrero al ejecutar una tarea. Una vez formado el hábito, el obrero necesita *realmente* un verdadero esfuerzo para cambiarlo o modificarlo.

Para ilustrar este punto tenemos el caso de una fábrica de máquinas de escribir que entre su personal contaba con varios bruñidores de

(18) R. H. STETSON: "A Motor Theory of Rhythm and Discrete Succesion", *Psychology Review*, vol. XII, núm. 4, pág. 258.

(19) E. FARMER: "Time and Motion Study", *Engineering and Industrial Management*, vol. VII, núm. 5 (N. S.), pág. 138.

gran experiencia, ya que durante años habían estado dedicados a bruñir una pieza determinada de las máquinas de escribir. Este personal se había acostumbrado a dar un número determinado de pasadas en la pulidora, y sabía qué pulido debía presentar la pieza para ser aceptada en la inspección. En un nuevo tipo de máquina de escribir, esta pieza quedaba situada en una posición poco visible y, por consiguiente, no necesitaba un grado tan alto de pulimentado. Se instruyó a los bruñidores de cómo tenían que pulir la pieza en cuestión para el nuevo modelo y el grado de acabado que debía tener, a fin de que pasara la inspección. No obstante, les resultó difícil cambiar su hábito: se *olvidaron* de darle menos pasadas, por lo que el trabajo resultante era de calidad más alta que la necesaria y su producción más baja de la que debiera ser. Con una atención constante y persistente, estos bruñidores lograron, después de cuatro días, producir las piezas con el acabado requerido y a una velocidad en piezas por hora proporcionalmente más rápida.

Casi todos los obreros necesitan un esfuerzo consciente y cierta persistencia para ejecutar una tarea nueva o bien una antigua en una forma nueva. No obstante, para la mayoría de la gente esto no es imposible, y casi siempre puede realizarse con bastante rapidez. Ahora bien: hay casos en que una persona lleva tantísimo tiempo realizando un orden definido de movimientos que no es prudente tratar de cambiarlo, y lo mismo puede decirse de la velocidad a que trabajan algunas personas.

Cuando un obrero está cansado o distraído o cuando desea producir menos voluntariamente, puede disminuir su velocidad o introducir en el ciclo retrasos o interrupciones en forma de movimientos extraordinarios.

Efecto de la fatiga sobre el ritmo.—En un estudio llevado a cabo sobre pulimentación en una platería se vio que los bruñidores trabajaban por la mañana a una velocidad uniforme y que terminaban las unidades a intervalos regulares (20). Sin embargo, por las tardes la presión utilizada al sostener el cuchillo o la cuchara contra la pulidora aumentaba, y tanto el número de pasadas como el tiempo necesario para pulir cada pieza era mayor que por la mañana, cuando se conservaba un ritmo regular. Por consiguiente, parece que la fatiga rompe el ritmo y estorba la coordinación indispensable para un trabajo rápido y fácil. Como dice el informe: "El obrero cansado no solo trabaja con mayor lentitud que cuando está descansado, sino que también gasta energía inútilmente" (21).

(20) E. FARMER y R. S. BROOKE: *Motion Study in Metal Polishing*. Industrial Fatigue Research Board. *Informe* 15, págs. 1-65.

(21) *Ibídem*, pág. 51.



FIG. 145.—Película que muestra los movimientos de ojos y manos de la operaria en el montaje de piezas pequeñas

9.° Los puntos en que se fija la mirada deben ser tan escasos en número y tan próximos entre sí como sea posible.

que los puntos en que la mirada ha de fijarse sean escasos y lo más próximos posible entre sí.

Movimientos de los ojos.—Aunque se pueden ejecutar algunas clases de trabajos sin que la vista los dirija, en donde esta es necesaria hay que disponer la tarea de modo que los ojos puedan dirigir el trabajo eficazmente, esto es, se debe disponer el lugar de trabajo de forma

La figura 145 muestra los movimientos de cabeza, ojos y manos de una operaria dedicada a una operación sencilla de montaje. Había que montar en la plantilla, enfrente de la operaria, unas arandelas pequeñas de acero pintadas de verde por un lado y de negro por el otro, pero de forma que la parte verde quedara hacia arriba. A ambos lados de la plantilla se colocaron depósitos que contenían las arandelas. Como se puede apreciar en la figura, había que mirar primero a la derecha y luego a la izquierda antes de coger las arandelas. La primera tira de película de la figura 145 muestra a la operaria mirando a su derecha, preparándose a coger una arandela del depósito situado a su derecha. Las tiras de película segunda y tercera la muestran mirando a su izquierda y cogiendo una arandela del depósito situado a su izquierda, y la cuarta tira muestra ambas manos moviéndose simultáneamente llevando arandelas a la plantilla. Las 36 imágenes consecutivas de la película reproducida se hicieron a la velocidad de 1.000 exposiciones por minuto.

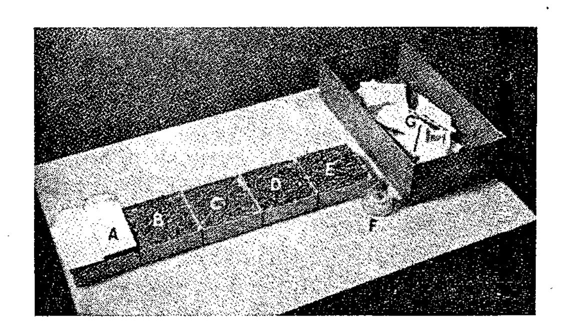


FIG. 146.—Disposición del lugar de trabajo para el empaquetado de tornillos. Método antiguo: *A*, sobres con solapa engomada; *B*, tornillos de madera, número 5, de 12,7 mm de longitud; *C*, tornillos de madera, número 5, de 19 mm de longitud; *D*, tornillos de madera, núm. 7, de 25,4 mm de longitud; *E*, tornillos de madera, núm. 9, de 25,4 mm de longitud; *F*, humedecedor; *G*, sobres llenos

Tanto las distancias que han de recorrer los ojos y las manos como la naturaleza de la operación determinarán si las manos han de esperar a los ojos, aumentando así el tiempo de ejecución de la tarea. En el caso anterior, si se hubiesen colocado los recipientes enfrente de la operaria, se hubieran evitado los movimientos de la cabeza y reducido notablemente los de los ojos.

Empaquetado de piezas pequeñas.—Se realizó un estudio (22) para buscar el mejor método de empaquetar piezas pequeñas. La operación consistía en colocar siete tornillos pequeños, de cuatro tamaños diferentes, dentro de un sobre pequeño y luego pegarlo. La figura 146 muestra la disposición del lugar de trabajo en el método antiguo. Disponiendo los materiales como se muestra en la figura 147, se obtuvo un ahorro de tiempo considerable. No obstante, se hizo ulteriormente otra mejora (véase Fig. 148), que redujo aún más el tiempo necesario para la operación. Esta requería alguna dirección visual, y el lugar de trabajo tal como quedó en su última disposición, permitió al operario reducir la extensión de los movimientos de cabeza y ojos, así como acortar los movimientos de las manos. Esto demuestra una vez más que, en la determinación del mejor método de ejecutar una tarea, se deben tomar siempre en consideración los movimientos de los ojos.

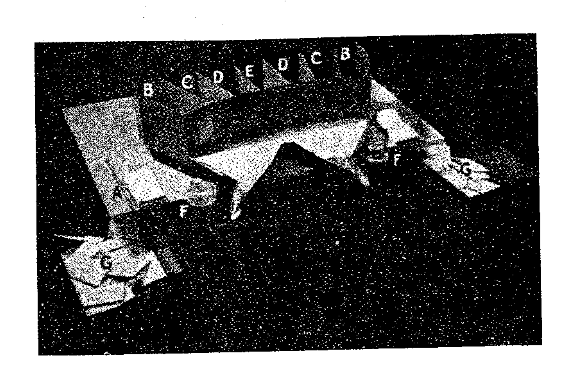


FIG. 147.—Disposición del lugar de trabajo para el empaquetado de tornillos de madera. Primera mejora

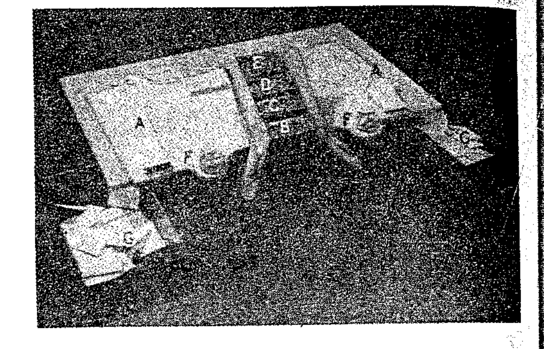


FIG. 148.—Disposición del lugar de trabajo para el empaquetado de tornillos de madera. Segunda mejora

Coordinación de los ojos y las manos.—En un estudio sobre las consecuencias de la práctica en los movimientos individuales durante una operación de estampado, una de las observaciones realizadas fue la de su efecto sobre los movimientos del ojo (23).

La operación consistía en formar una barra de contacto de un relé. La plantilla y el lugar de tra-

(22) Este estudio fue realizado por BERT H. NOREM y JOHN M. MACKENZIE.

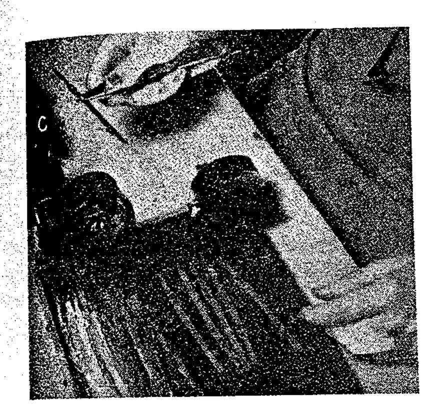
(23) RALPH M. BARNES, JAMES S. PERKINS y J. M. JURAN "A Study of the Effect of Practice on the Elements of a Factory Operation". *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín 22.*



I. Cuando las pinzas comienzan a abrirse al soltar una pieza en la matriz, los ojos se fijan en la pieza siguiente, que está en la mano izquierda, para dirigir su captura con las pinzas. La mirada se fija en *A*.



II. Antes que la mano derecha suelte la pieza en las pinzas, los ojos se fijan en la bandeja de suministro para seleccionar la pieza siguiente. La mirada se fija en *B*.



III. Cuando la mano izquierda está suficientemente dirigida hacia la pieza de la bandeja de suministro, los ojos se fijan en la matriz para dirigir la mano derecha en la colocación de la otra pieza sobre las clavijas pilotos. La mirada se fija en *C*.



IV. Los ojos permanecen fijos en la matriz hasta que la pieza está debidamente colocada. Mientras la mano derecha va hacia la pieza siguiente, se echa fuera la pieza anterior por medio de un pedal.

FIG. 149.—Operación de estampado mostrando los puntos en que se fijan los ojos y las manos de un principiante. La mirada se fijaba en tres puntos por ciclo.

bajo, dispuestos como se muestra en las figuras 149 y 150, se idearon para duplicar los movimientos mecánicos y manuales de la operación, tal como se realizaban en la fábrica.

Los movimientos de ojos y manos del principiante, mostrados en las figuras 149 y 150-I, son los siguientes:

A medida que las pinzas comienzan a abrirse, cuando sueltan una pieza en la matriz, los ojos se dirigen hacia la pieza sostenida por la mano izquierda para dirigir la acción de cogerla con las pinzas. El primer punto en que se fija la mirada se sitúa en *A* (Fig. 149-I).

Antes que la mano derecha deje la pieza que sujetan las pinzas, la vista se dirige a la bandeja de suministro para escoger la pieza siguiente. El punto en que se fija la mirada está en *B* (Fig. 149-II).

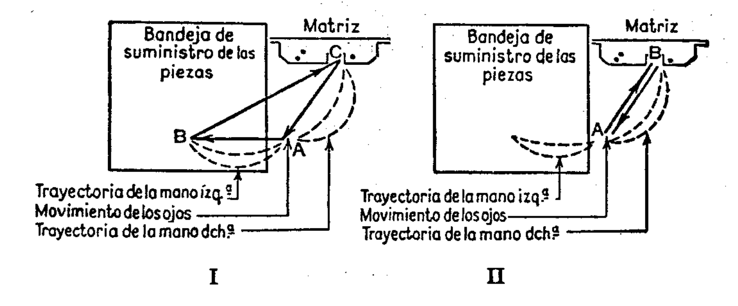


FIG. 150.—Operación de estampado. Esquemas mostrando puntos en que se fija la mirada y movimientos de manos. I, la mirada se fija en tres puntos; II, la mirada se fija en dos puntos.

Cuando la dirección de la mano izquierda hacia la pieza situada en la bandeja se ha asegurado suficientemente, la vista se dirige hacia la matriz, para conducir la mano derecha en la colocación de la pieza sobre las clavijas pilotos. La mirada se fija en *C* (Fig. 149-III).

La vista se mantiene fija sobre la matriz hasta que la pieza queda debidamente colocada. Se expulsa la pieza por medio de un pedal mientras la mano derecha se dirige hacia la pieza siguiente.

Con todo, después de 10.000 ciclos de trabajo, se observó que en el 56 por 100 de los mismos la mirada se detenía en tres puntos mientras que, en el 44 por 100 restante, solo en dos. Al principio, el tiempo medio del ciclo era de 0,0584 minutos y, después de los 10.000 ciclos bajó a 0,0258 minutos. Cuando los ojos se fijaban en dos puntos solamente, los movimientos de las manos eran los mismos, pero, en cambio, la mirada no atendía al suministro de las piezas. Los ojos se fijaban en la pieza cuando pasaba de la mano izquierda a la derecha en *A* (Fig. 150-II) y luego se volvían hacia la plantilla para dirigir la colocación de la pieza sobre las clavijas pilotos en *B* (Fig. 150-II).

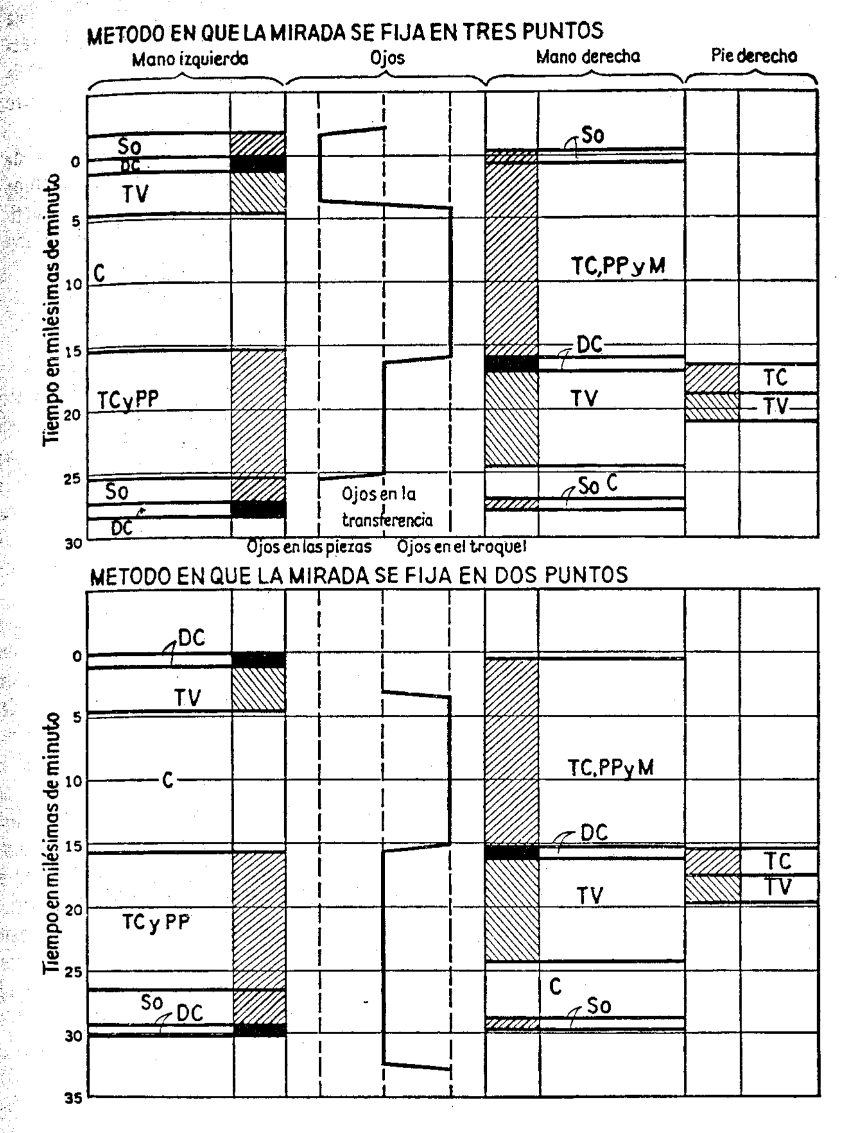


FIG. 151.—Diagrama de movimientos simultáneos ojo-mano de una operación de estampado, mostrando el método que requiere que la mirada se fije en tres puntos distintos y el que requiere que lo haga solo en dos.

Aunque al principio era necesario mirar a las piezas de la bandeja para facilitar la acción de cogerlas, después de adquirir algo de práctica se necesitaba una visión menos definida (Fig. 151). Se cree que la atención se concentraba en las piezas y en la mano que las cogía, pero que los ojos no necesitaban ver las piezas tan claramente.

Parece que la mejor coordinación, resultante de un período de práctica, permitía al operario ejecutar cada movimiento en un tiempo menor (aunque no todos quedaban afectados igualmente por la práctica), y, además, reducía el número de puntos en que era necesario detener la mirada.

CAPITULO XVIII

PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS RELACIONADOS CON EL LUGAR DE TRABAJO

10.° Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales.

El operario debe poder encontrar las herramientas y materiales siempre en el mismo sitio. De igual forma, las piezas acabadas y las unidades montadas deben tener sitios fijos. Por ejemplo, en el montaje de perno y arandelas la mano debe moverse, sin esfuerzo mental, hacia el depósito de las arandelas de goma; luego, al de las arandelas de acero; a continuación, al de las arandelas de seguridad y, finalmente, al de los pernos. Debe ser innecesario que el operario piense dónde están situados los materiales.

Los emplazamientos definidos de materiales y herramientas ayudan a crear el hábito en los obreros, permitiendo el rápido desarrollo del automatismo. No se resaltará nunca demasiado lo ventajoso que resulta para el operario ejecutar la operación con el mínimo de esfuerzo mental consciente. Con frecuencia, los materiales y las herramientas están tan desperdigados sobre el lugar de trabajo y en un desorden tal, que el operario no solo ha de ejercer un esfuerzo mental, sino que también ha de rebuscar la pieza o herramienta que necesita en un momento dado. Los obreros están de acuerdo en tener zonas definidas para materiales y herramientas, ya que ello reduce la fatiga y ahorra tiempo. No se gana nada obligando al obrero al esfuerzo innecesario de decidir qué herramienta es la que ha de coger o qué parte ha de montar a continuación, cuando, distribuyendo convenientemente los materiales y las herramientas, puede ejecutar automática y rápidamente el trabajo por el orden debido y con un gasto mínimo de energía, una vez que adquiere un poco de práctica.

Cuando la vista ha de dirigir la mano para alcanzar un objeto, su acción precede ordinariamente a la de la mano. No obstante, si los materiales o herramientas están situados en un lugar definido y se cogen siempre del mismo sitio, la mano encuentra automáticamente la situación correcta y, en muchos casos, la mirada puede permanecer fija en el punto en que se utilizan las herramientas y los materiales.

Mesa de la sala de expedición.—Los principios del estudio de movimientos fueron aplicados con éxito en muchas actividades no indus-

triales, tales como oficinas, restaurantes, hoteles, grandes almacenes y oficinas de Correos. La figura 152 muestra una mesa de trabajo semicircular diseñada para pesar, franquear y estampillar paquetes en un departamento de expedición (1). Los paquetes que se han de expedir bajan a la mesa por una deslizadera situada en el extremo izquierdo;

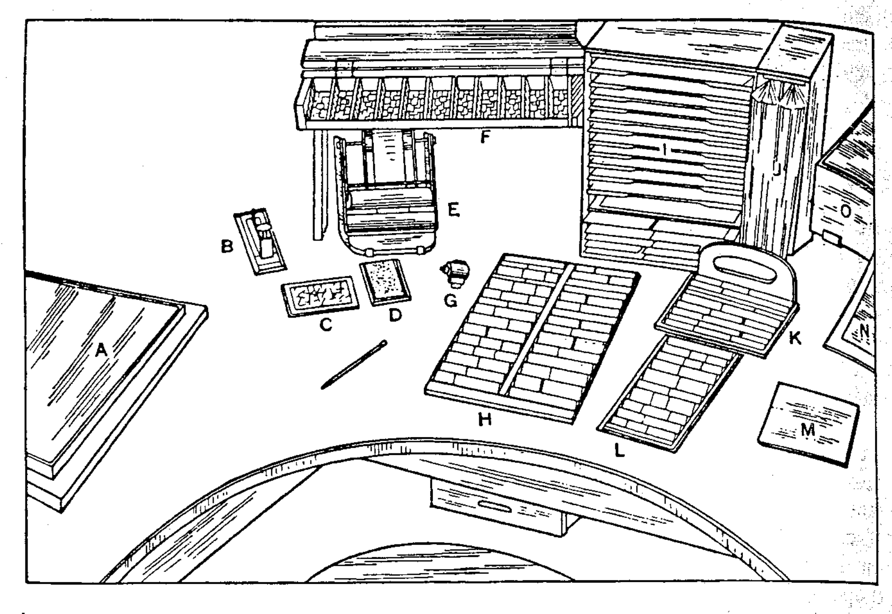


Fig. 152.—Mesa especial utilizada en un departamento de expedición para pesar, franquear y estampillar paquetes postales: *A*, balanza: *B*, grapadora; *C*, caja de alfileres; *D*, tampón; *E*, distribuidora de papel engomado; *F*, sellos; *G*, contador; *H*, talones de reembolso; *I*, impresos para cartas; *J*, impresos para nuevos pedidos; *K*, impresos para recibos; *L*, impresos para giros postales; *M*, raspador; *N*, máquina de sumar; *O*, impresos para paquetes especiales.

se pesan, franquean, estampillan y empujan a un transportador de correa en un sitio adyacente a la deslizadera de entrada. No es necesario levantar el paquete. Nótese que en la mesa hay unos *cortes* para alojar la balanza, alfileres, impresos, tampón, máquina de sumar, etc. Debajo de la mesa hay un cajón para los objetos personales del operario. Esta disposición del lugar de trabajo indica el cuidado con que se han estudiado todas las actividades de esta organización y cómo se ha facilitado el trabajo.

(1) Dibujo y datos gracias a la amabilidad de John A. Aldridge.

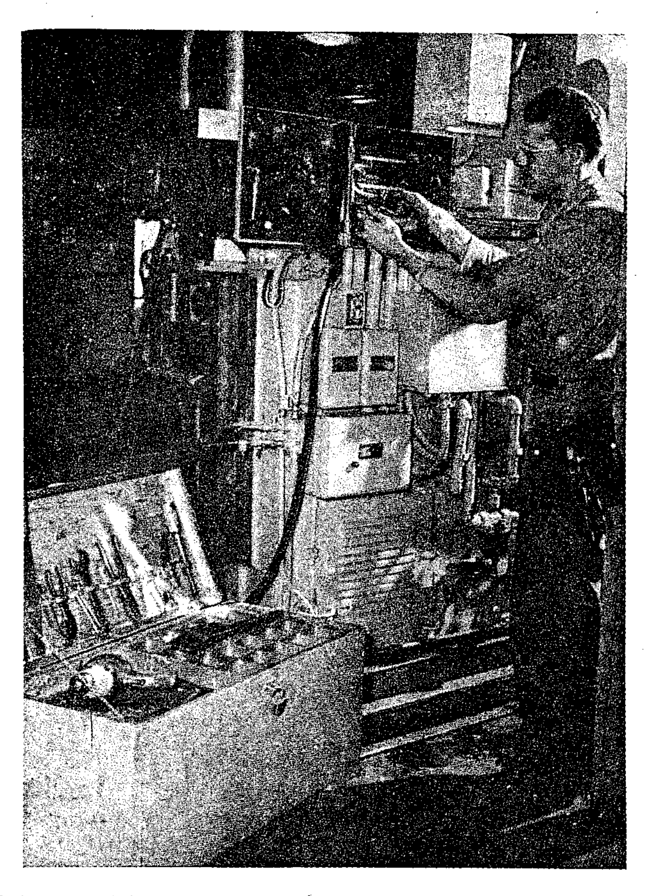


Fig. 153.—Caja especial de herramientas provista de ruedas, empleada por los electricistas de mantenimiento de las fábricas Douglas Aircraft Company. Situados en lugares adecuados de las diferentes zonas de producción, los electricistas pueden acudir rápidamente con todas sus herramientas a los lugares en donde sean requeridos sus servicios. (De "Decentralized Maintenance for Continuous Output" de A. T. Kuehner, *Factory Management and Maintenance*, vol. CI, núm. 3, págs. 123-28).

11. Las herramientas, materiales y aparatos de control deben situarse cerca y directamente enfrente del operario.

Con mucha frecuencia se distribuyen las herramientas y materiales en líneas rectas sobre el lugar de trabajo, sea este banco, máquina, escritorio o mesa. Esta disposición no es correcta, puesto que las personas trabajan naturalmente en zonas limitadas por líneas que son arcos de circunferencia.

Zona normal de trabajo.—Considerando el plano horizontal, hay una zona muy definida y limitada que puede utilizar el operario con un esfuerzo normal. Hay una zona de trabajo normal para la mano derecha y otra para la izquierda cuando trabajan por separado, y otra para ambas manos trabajando conjuntamente (véanse Figs. 154 y 155).

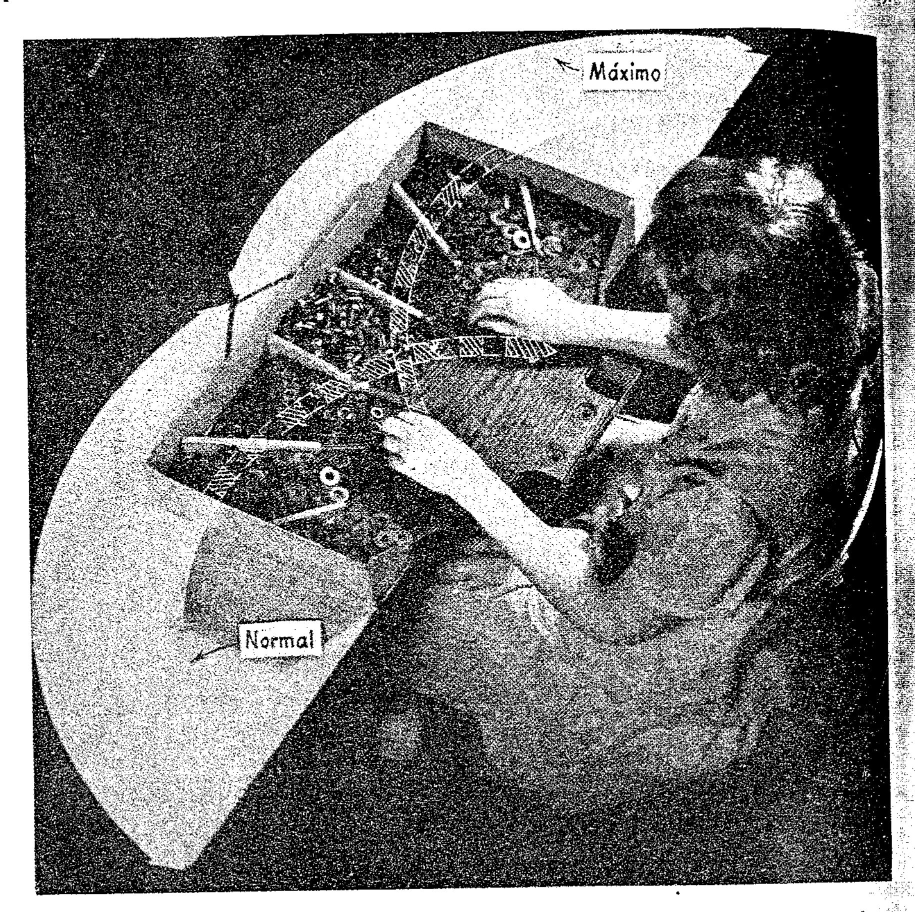


FIG. 154.—Areas normal y máxima de trabajo en un plano horizontal.

La zona normal de trabajo de la mano derecha está determinada por un arco trazado por un movimiento de barrido de la mano derecha sobre la mesa. Solo está extendido el antebrazo mientras el brazo cuelga a un lado del cuerpo en una posición natural, hasta que tiende a separarse a medida que la mano se mueve hacia la parte exterior del lugar de trabajo. La zona normal de trabajo para la mano izquierda

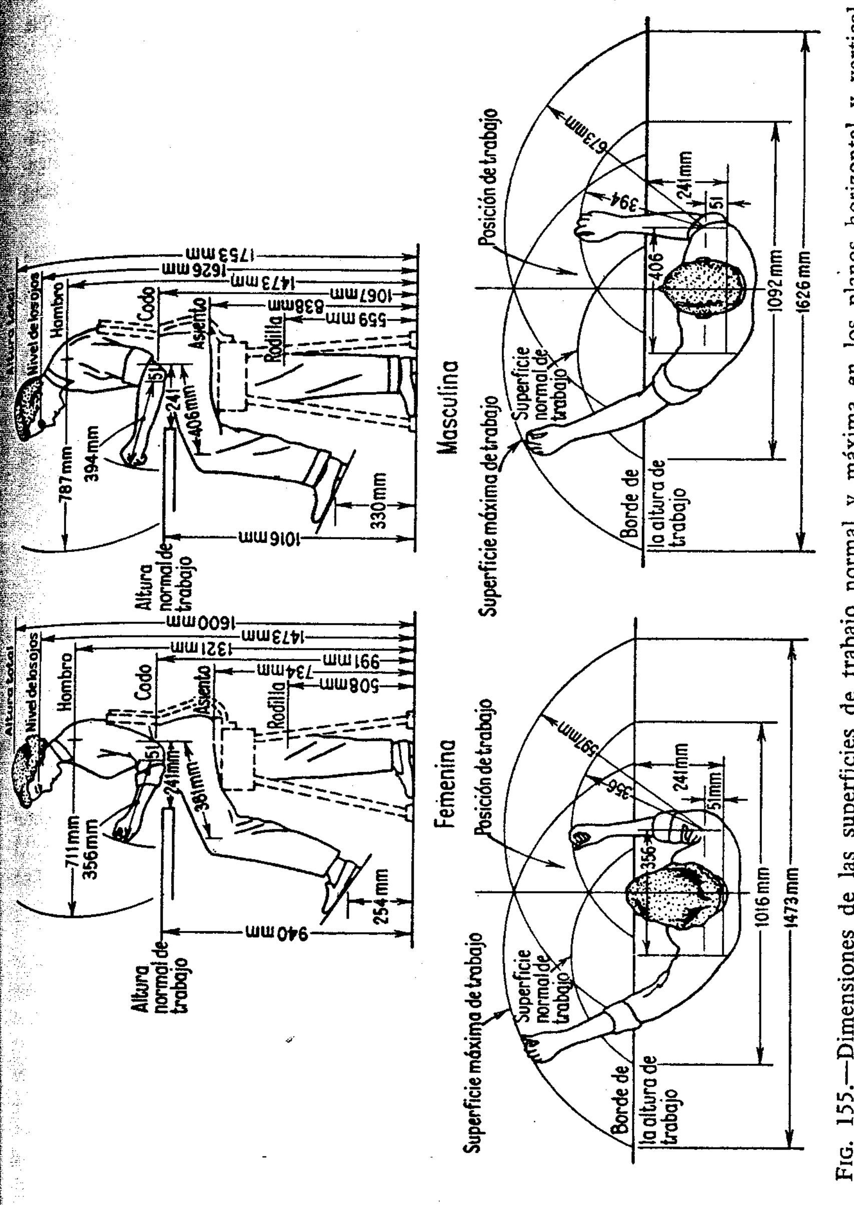


FIG. 155.—Dimensiones de las superficies de trabajo normal y máxima en los planos horizontal y vertical estudiadas y empleadas por la sección de Desarrollo de Procesos de la General Motors. (De "Some Principles of Methods and Motion Study as Used in Development Work", de Richard R. Farley. *General Motors Engineering Journal*, vol. 2, núm. 6, págs. 20-25, noviembre-diciembre 1955.)

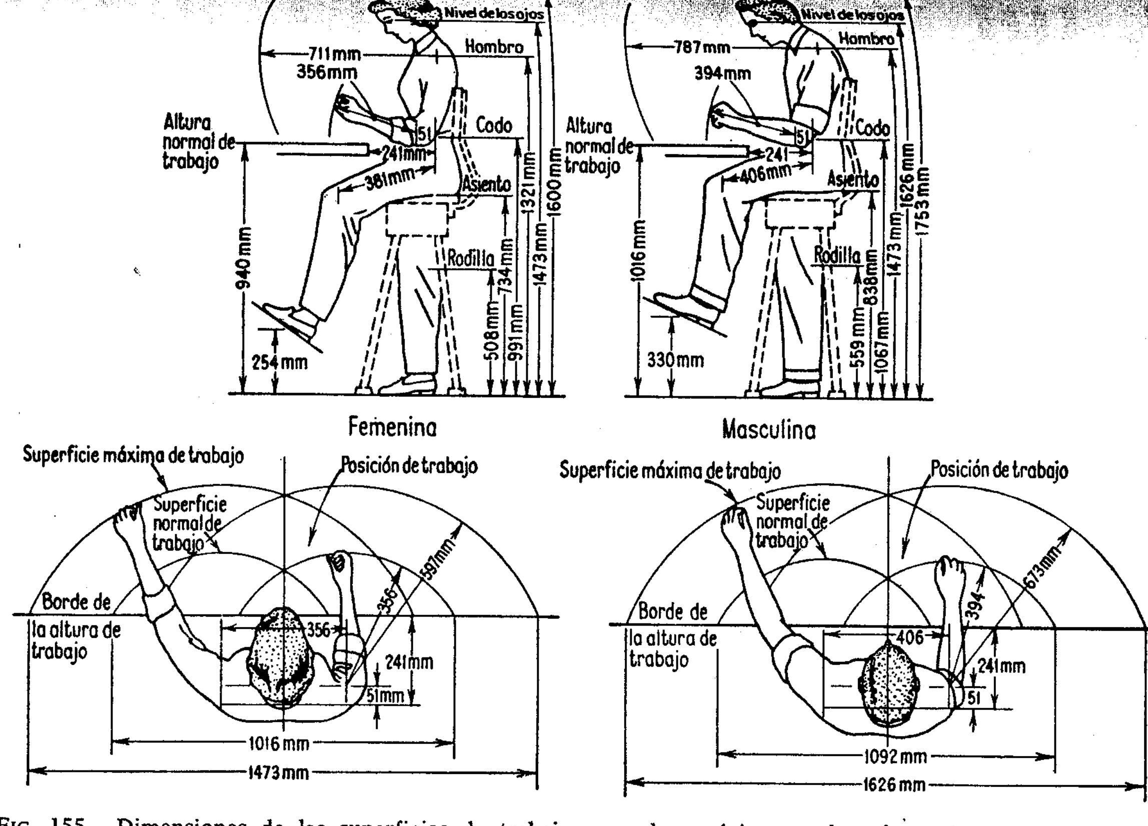


FIG. 155.—Dimensiones de las superficies de trabajo normal y máxima en los planos horizontal y vertical estudiadas y empleadas por la sección de Desarrollo de Procesos de la General Motors. (De "Some Principles of Methods and Motion Study as Used in Development Work", de Richard R. Farley. *General Motors Engineering Journal,* vol. 2, núm. 6, págs. 20-25, noviembre-diciembre 1955.)

se determina de una forma similar. Los arcos normales trazados por las manos derecha e izquierda se cortarán en un punto situado enfrente del obrero. La superficie común a ambos constituye la zona en que puede realizarse más convenientemente el trabajo con ambas manos.

Zona máxima de trabajo.—Hay una zona máxima de trabajo para la mano derecha y otra para la mano izquierda, trabajando por separado y otra para ambas manos, trabajando conjuntamente (véanse figuras 154 y 155). La superficie máxima de trabajo de la mano derecha

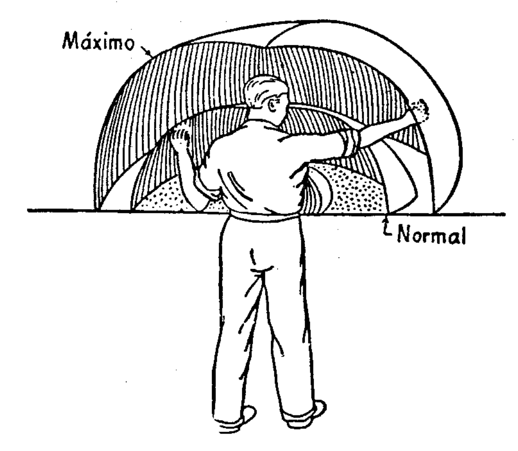


FIG. 156.—Espacios normal y máximo de trabajo, en tres dimensiones.

se determina por un arco trazado con un movimiento de la mano derecha sobre la mesa, sirviendo de centro el hombro derecho. El área máxima de trabajo de la mano izquierda se determina en forma similar por un arco trazado con un movimiento de la mano izquierda. La superficie común a estos dos arcos máximos constituye una zona, más allá de la cual no se puede ejecutar trabajo con ambas manos sin provocar cambios de postura acompañados de un exceso de fatiga.

Cada mano tiene su espacio de trabajo normal, tanto en el plano vertical como en el horizontal, en el cual se puede realizar el trabajo con tiempo y esfuerzo mínimos (véase Fig. 156). Se puede determinar igualmente un espacio de trabajo máximo en el plano vertical, más allá del cual no se puede realizar un trabajo sin cambiar de postura. Se han de considerar estos hechos para situar los materiales o herramientas sobre el lugar de trabajo.

Las figuras 157 y 158 subrayan la importancia de colocar el material *alrededor* del lugar de trabajo y tan próximo al mismo como sea posible. En la figura 157, los cinco depósitos de material están fuera de la

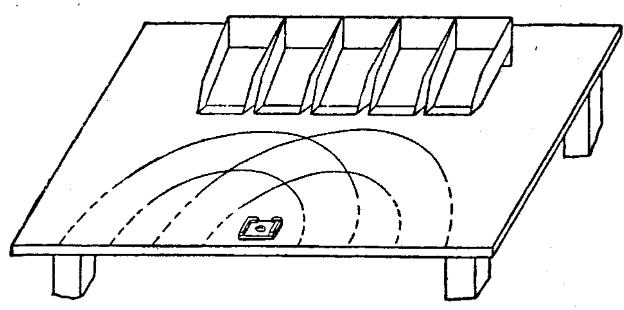


FIG. 157.—Disposición inadecuada del lugar de trabajo. Los depósitos están excesivamente lejos de la plantilla de montaje. El operario tiene que inclinarse hacia adelante para recoger las piezas situadas en los depósitos.

zona máxima de trabajo, lo que exige doblar el cuerpo para alcanzarlos. En la figura 158 se han situado los depósitos dentro de la zona normal de trabajo, permitiendo un movimiento de tercera clase que no requiere el del cuerpo. La utilización de una plantilla y depósitos duplicados permite que ambas manos describan movimientos simultáneos en direcciones opuestas al realizar la operación. Esta disposición facilita la realización de movimientos naturales de brazos, fáciles y rítmicos.

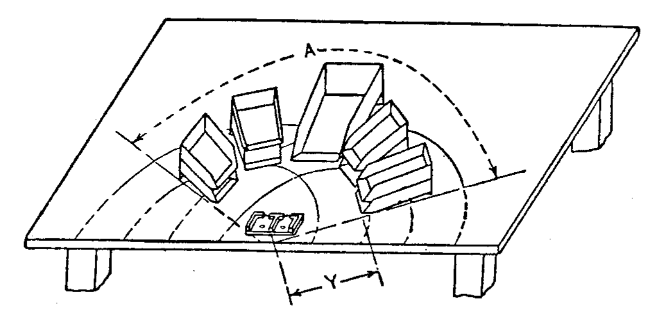


FIG. 158.—Disposición correcta del lugar de trabajo. Los depósitos están colocados alrededor del operario, de forma que puede alcanzar las piezas de cada uno de ellos con movimientos fáciles y rápidos de los antebrazos. En muchas clases de trabajo, los ojos han de dirigir las manos. En estos casos, el área de trabajo debe estar completamente enfrente del obrero, de forma que, los puntos en que haya de fijarse la mirada sean lo menos numerosos y lo más próximos posible. En otras palabras, el ángulo *A* debe ser lo más reducido posible, y la distancia *Y* tan pequeña como lo permita la naturaleza del trabajo que realiza el obrero.

Las herramientas y piezas que se han de manejar varias veces durante la operación deben situarse más cerca de la plantilla o posición de trabajo que aquellas otras que se utilizan una sola vez. Por

ejemplo, si una operación consiste en montar una serie de tornillos sobre una placa metálica, se deben situar más cerca de la plantilla los depósitos de tornillos que los de placas. Esto se debe a que, por cada ciclo de trabajo, se ha de transportar solo una placa de su depósito a la plantilla, mientras que se han de llevar a ella varios tornillos.

Al considerar este punto hay que recordar que se deben disponer las piezas de forma que permitan los movimientos más cortos de ojos, reduzcan en lo posible los puntos en que deben fijarse estos y faciliten el mejor orden de movimientos y la rápida adquisición, por parte del operario, del hábito de los movimientos automáticos y rítmicos.

Resultados de colocar las piezas más cerca del lugar de montaje.—La producción de un modelo de radio exige el montaje de 260 piezas o submontajes diferentes. Se necesitan dos movimientos de mano para coger cada pieza del depósito correspondiente y montarla: un movimiento de la mano hacia el depósito y otro desde este a la plantilla. Acortando en 15,24 cm la distancia a recorrer para coger cada una de estas piezas, el ahorro de tiempo es de 34.000 horas al año.

Número de piezas movidas	260
Movimientos (movimientos de la mano hacia y desde el depósito)	2
Ahorro medio de tiempo para una reducción de 15,24 cm. de la distancia a recorrer	0,002 minutos

o

$$260 \times \frac{(2 \times 0{,}002)}{60} = 0{,}017 \text{ horas por aparato de radio.}$$

Este ahorro de 0,017 horas o 62 segundos por aparato de radio por día es sumamente pequeño. No obstante, como la compañía hace 8.000 aparatos por día, el ahorro diario será:

$$8000 \times 0{,}017 = 136 \text{ horas diarias.}$$

Considerando que esta producción se mantiene 250 días laborables al año:

$$250 \text{ días} \times 136 \text{ horas por día} = 34\,000 \text{ horas ahorradas al año.}$$

Otro punto de vista para enfocar este resultado es el de la distancia total ahorrada. Si se ahorran 15,24 cm en el movimiento de la mano hacia el depósito y otros 15,24 cm desde el depósito a la plantilla, el ahorro total es de 30,48 cm por pieza.

260 piezas × 0,3048 = 79,248 m ahorrados por aparato.
8000 aparatos × 79,248 m por aparato = 633 984 m.

o 633,984 Km ahorrados al día.

250 días laborables × 633,984 Km por día = 158 496 Km ahorrados al año (2).

(2) Este caso fue estudiado por G. A. Godwin para utilizarlo en los cursos de entrenamiento de la R. C. A. Lo estudió mientras era ingeniero de producción de la división R. C. A. Victor, de la Radio Corporation of America.

Disposición de máquinas.—La siguiente afirmación puede considerarse como un corolario a la regla 11: *En el tipo de fabricación continua o progresiva se deben disponer las máquinas, los aparatos y el equipo de forma que el operario necesite realizar la menor cantidad posible de movimientos.*

FIG. 159.—Disposición corriente de máquinas. El material se traslada de una máquina a otra cargado sobre bandejas movibles, que se llevan mediante carretillas mecánicas. Un pasillo permite el acceso a cada máquina.

Las máquinas de la figura 159 están dispuestas en línea recta a lo largo de un pasillo destinado a los transportes. Se deja un espacio entre las dos máquinas para una bandeja movible, en donde se coloca el material antes y después de la operación. Cuando un hombre maneja varias máquinas, esta disposición le obliga a caminar distancias considerables, debido al gran espacio en el que están distribuidas.

FIG. 160.—Máquinas dispuestas paralelamente a un transportador de correa o de rodillos. El material se mueve hacia y desde las máquinas por medio de un transportador y no es necesario dejar ningún pasillo. El operario gira 180 grados para usar el transportador.

Situando las máquinas a lo largo de un transportador, se elimina el pasillo para los transportes y se reduce el desplazamiento. Con frecuencia, las máquinas se colocan paralelamente al transportador, como se muestra en la figura 160. Esta disposición, aunque mejor que la representada en la figura 159, requiere el giro total del operario para llevar el material desde la máquina al transportador y viceversa. En la figura 161 se muestra una disposición mejor de las máquinas, colocadas perpendicularmente al transportador y cerca del mismo, lo cual permite al operario mover el material desde y hacia el transportador, con menos movimientos del cuerpo.

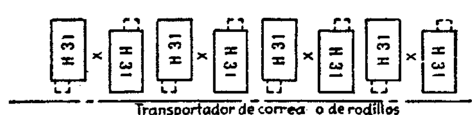


FIG. 161.—Máquinas dispuestas perpendicularmente a un transportador de correa o de rodillos. El operario gira 90 grados para usar el transportador.

Todavía existe un cuarto método para distribuir la maquinaria, y que se puede aprovechar ventajosamente en muchas ocasiones (véase Fig. 162). Las máquinas que pueden ser atendidas por un solo hom-

bre se colocan muy próximas, con lo que se reduce a un mínimo el tiempo necesario para que el operario, tras de alimentar una máquina, se traslade a la siguiente para retirar la pieza acabada y alimentarla de nuevo. Frecuentemente se pueden colocar juntas las máquinas utilizadas para ejecutar operaciones sucesivas en una pieza, de manera que esta, p. ej., una pieza colada o forjada, pueda comenzar el proceso en *A* (bandeja movible de la Fig. 162), la primera operación se realice en la máquina *H 31;* la siguiente, en la *L 12,* y la tercera, en la *H 31 B.* Hay que equilibrar el tiempo de máquina y el de manipulación, de forma que el operario pueda mantener las máquinas en funcionamiento sin demasiada pérdida de tiempo para estas últimas. Desde la tercera máquina se envía la pieza, en caso necesario, al grupo de máquinas siguiente mediante una deslizadera, representada en *D.*

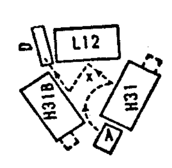


FIG. 162.—Máquinas dispuestas en grupos. Los tiempos de máquina y de manipulación están equilibrados de forma que un hombre puede mantener todo el grupo en funcionamiento.

Operaciones del departamento de expedición.—La aplicación de los principios de economía de movimientos a las operaciones del departamento de expedición puede dar por resultado importantes economías en tiempo y mano de obra.

El banco de embalaje diseñado por C. H. Cox para el departamento de expedición de la Merck & Company demuestra cómo el principio de colocar los materiales y herramientas cerca y enfrente del operario le permite realizar su trabajo más fácil y rápidamente (3).

Antiguo banco de embalaje.—La operación consistía en embalar frascos y cajas que contenían sustancias químicas. La figura 163 muestra el banco de embalaje original, de 2,74 m de largo, y superficie superior plana en la que se ven la máquina de papel engomado, botes de cola, cajas de clavos, martillo, navaja, tijeras, etc. Las envolturas, el relleno de protección y los rótulos especiales estaban almacenados en la mitad posterior del banco y en los cajones situados debajo de la superficie de trabajo.

Ni el equipo ni el material habían sido dejados previamente en posición, en sitios definidos. Como, de hecho, el embalaje no se hacía en este banco, todo el equipo y material estaba fuera del área máxima de trabajo. Las cajas se armaban y llenaban en un banquillo, de 0,61 × 0,91 centímetros, perpendicular al banco. En el suelo, y a la izquierda del banquillo, se colocaba un fardo de virutas de madera.

(3) C. H. Cox: "Work Simplification Applied to the Shipping Department", *American Management Association, Production Series* 115, pág. 3.

El operario llevaba cada pieza desde la carretilla al banco, la envolvía, la llevaba a la caja y la colocaba en ella, daba un paso a la izquierda para coger la viruta de madera, volvía a la caja y colocaba la viruta. Cada vez que utilizaba la goma, rótulos o brochas, tenía que dar varios

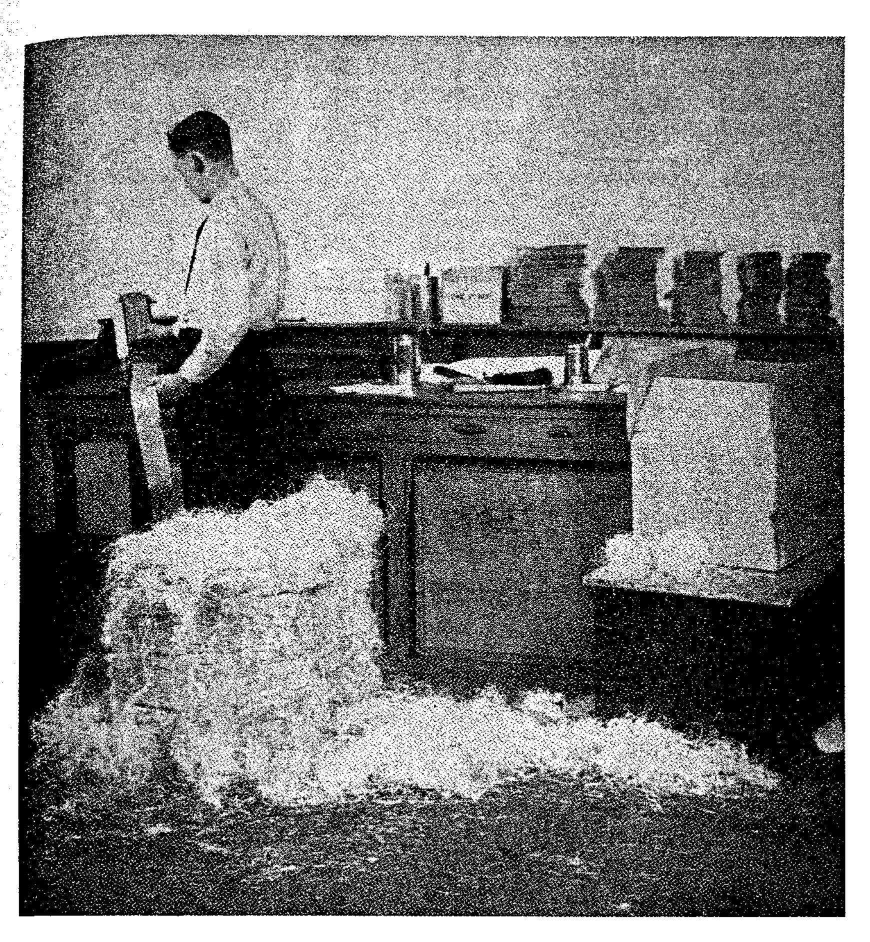


FIG. 163.—Banco de embalaje. Diseño antiguo.

pasos a lo largo del banco de embalaje. El operario de la figura 163 está cortando cinta para cerrar la caja que está sobre el banquillo.

Nuevo banco de embalaje.—El nuevo banco de embalaje (Fig. 164) combina en una sola las tres unidades anteriores. Todo el equipo y el material están colocados convenientemente dentro de la zona máxima

de trabajo. A la izquierda hay un depósito para la viruta y a la derecha un banquillo de embalaje. Sobre el banquillo hay un compartimiento para el martillo, brocha, cuchillo, etc., y encima de él un cajón para

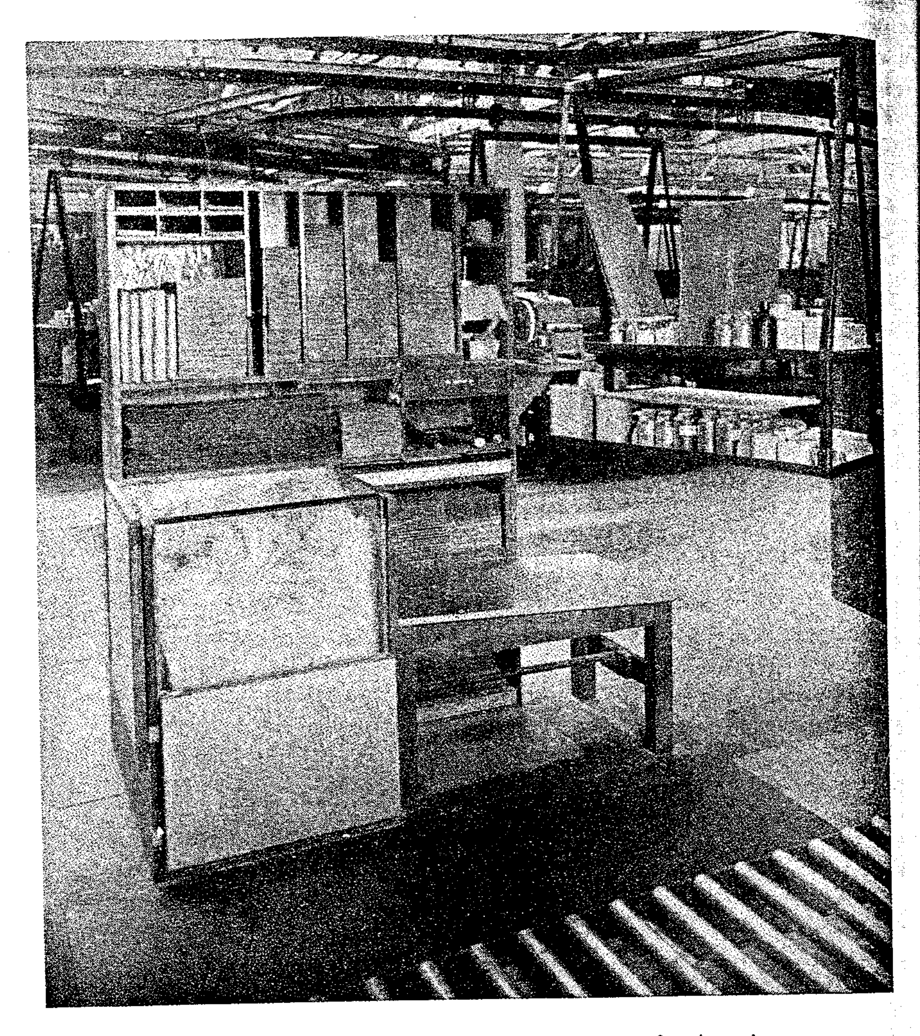


FIG. 164.—Banco de embalaje. Diseño perfeccionado.

clavos y tachuelas. A la izquierda del cajón, un soporte para el lápiz del operario y un plano inclinado para apoyo de la hoja al registrar su producción. En el extremo derecho del banco, una bandeja sostiene el rollo

de papel engomado; le sigue un compartimiento grande para el depósito de goma de estilo moderno y, a continuación, cuatro compartimientos para los separadores de cartón ondulado utilizados comúnmente y un pequeño estante para los aparatos especiales de estarcido. El extremo izquierdo contiene material poco usado, tal como etiquetas especiales de seis tamaños, forros de amianto, caperuzas de gran tamaño y tiras largas de cartón ondulado.

Si el operario lo desea, puede permanecer en una sola posición

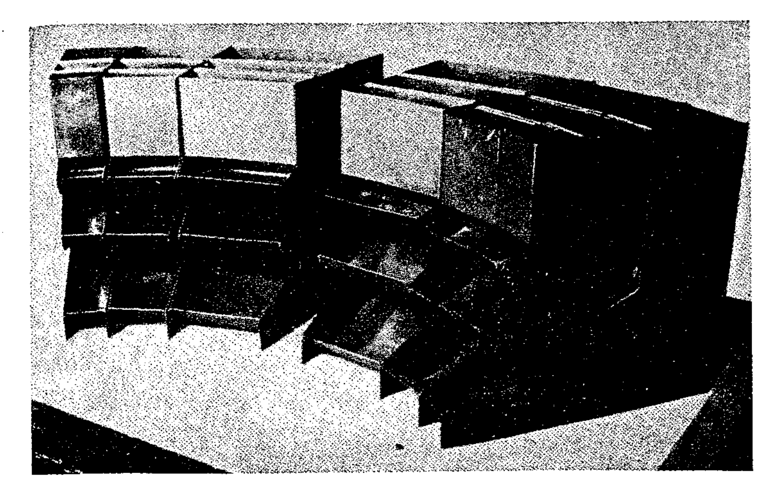


FIG. 165.—Depósitos normalizados con dispositivos para salida de materiales por gravedad.

para seleccionar y armar la caja, seleccionar las piezas a embalar situadas en el transportador de monocarril; alcanzar la goma y el papel, seleccionar todo el material interno de embalar, alcanzar las placas y las brochas de estarcido necesarias y anotar el trabajo en su registro de producción. Aunque no es recomendable que el operario permanezca en una situación fija, este banco de embalar ha eliminado muchos pasos diarios del empaquetador, que eran innecesarios.

12. Se deben utilizar depósitos y recipientes de suministro por gravedad para entregar el material cerca del punto de utilización.

Un depósito con fondo inclinado permite al material deslizarse por gravedad hacia adelante, con lo que el operario no tiene que introducir la mano en el recipiente para coger las piezas (Figs. 127 y 129). No obstante, no es siempre posible hacer deslizarse el material hasta la

posición correspondiente, como en el montaje de perno y arandela. Con mayor frecuencia se utilizan depósitos como los mostrados en la figura 165. Cuando se necesitan muchas piezas, como en el caso del montaje de un interruptor eléctrico, se colocan los depósitos unos encima de otros, a fin de que el material esté siempre al alcance del operario.



FIG. 166.—Equipo normalizado de un puesto de trabajo: *A*, bandeja con labio: longitud (de parte posterior a borde del labio), 140 mm; anchura, 54, 108 ó 216 mm; *B*, bandeja lateral; longitud, 108 ó 216 mm; anchura, 140 mm; *C*, depósito abierto, tipo normal, para banco de trabajo: longitud, 203 mm; anchura, 127, 203 ó 254 mm; profundidad, 203 mm; *D*, depósito abierto del tipo colgante: longitud (de atrás adelante), 203 mm; anchura (en la parte posterior), 215 mm; anchura frontal, 140 mm; profundidad, 76 mm; *E*, armazón curvado para sostener bandejas: profundidad, 138 mm; altura, 118 mm; *F*, soportes universales para colocación de dispositivos de montaje; *G*, soporte con ruedas para sostener las cajas cargadas con materiales o productos terminados.

En muchas fábricas, el equipo normalizado incluye depósitos como los representados en la figura 165. Los depósitos son intercambiables, y se hacen de tres alturas y tres anchuras. Mediante el uso de estos recipientes normalizados se puede hacer cualquier combinación adaptable a una tarea definida. Es difícil marcar reglas en cuanto al tamaño apropiado de los depósitos para una operación determinada. Algunas compañías emplean depósitos suficientemente grandes para tener material para cuatro horas de trabajo, lo que probablemente es un tamaño económico para muchas clases de material.

En la figura 166 se ve un equipo normalizado de un puesto de trabajo en el departamento de Métodos de Fabricación de la R. C. A. (**4**).

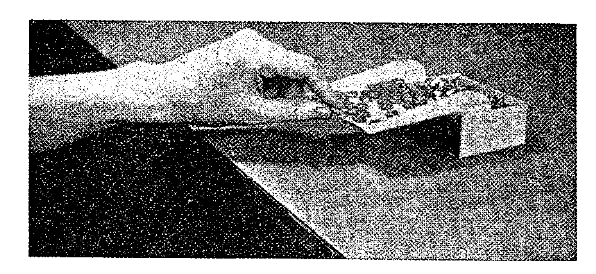


FIG. 167.—Depósito con bandeja para facilitar la acción de *seleccionar* y *coger* piezas.

Los depósitos, portaherramientas, bandejas planas, mangos de soldadores, etc., son intercambiables, y se pueden montar con igual facilidad sobre un banco de trabajo, taladro, roblonadora, o colgarlos en cualquier posición y soporte. Este equipo normalizado es muy flexible y puede adaptarse fácilmente a la fabricación de nuevos modelos de aparatos de radio, desmontándolos y disponiéndolos de acuerdo con la nueva tarea. El banco de trabajo en sí, constituido por elementos normalizados, va provisto de tubería de aire comprimido y cable de energía eléctrica. Cuando se necesita un banco largo, se atornillan varias secciones normalizadas, se acoplan las líneas eléctricas y se conectan al circuito principal. El operario normal es capaz de ejecutar la tarea, haciendo innecesaria la intervención del operario especializado en tales trabajos.

La figura 167 muestra un depósito con una bandeja adjunta que facilita la acción de coger las piezas muy pequeñas. Se sacan del depósito a la bandeja unas cuantas piezas, y luego es fácil seleccionar y coger las piezas una a una. El depósito ordinario de gravedad (véase Fig. 165) puede llevar adherida una bandeja. Este tipo de depósito

(4) Ilustración y datos gracias a la amabilidad de la R. C. A. Victor Division, de la Radio Corporation of America.

es superior al representado en la figura 167, ya que no necesita llenarse tan a menudo.

Un estudio de tres tipos de depósitos.—En la tabla XII se muestran los resultados de un estudio (5) del tiempo necesario para coger tornillos y tuercas de diferentes tipos de depósitos.

TABLA XII.—TIEMPO NECESARIO PARA COGER, TRANSPORTAR Y DEPOSITAR TORNILLOS Y TUERCAS DE DIFERENTES TIPOS DE DEPÓSITOS

	Depósito tipo tolva		Depósito rectangular		Depósito con bandeja	
	Tuercas	Tornillos	Tuercas	Tornillos	Tuercas	Tornillos
Tiempo en minutos ...	**0,01377**	0,01567	**0,01480**	0,01614	**0,01160**	0,01428
Tiempo en porcentaje. (Tiempo más corto = = 100 %)	**119**	110	**128**	113	**100**	100

La operación consistía en seleccionar y coger con la mano derecha un tornillo o tuerca de un depósito, llevarlo a través de una distancia de 12,7 cm y soltarlo en un agujero situado encima de la mesa. Se midió exactamente el tiempo para cada uno de los movimientos seleccionar y coger, transporte con carga, dejar la carga y transporte en vacío.

Como se observa en la tabla XII, el depósito con bandeja [3] dio el mínimo de tiempo para seleccionar y coger las tuercas. El depósito tipo tolva [1] exigió un 61 por 100 más de tiempo y el rectangular [2] un 68 por 100 más de tiempo que el depósito [3].

13. Siempre que sea posible, deben utilizarse entregas por gravedad.

Se debe disponer el trabajo de forma que se suelten las unidades acabadas en la posición en que se terminan, enviándolas a su destino por gravedad. Esto ahorra tiempo y, además, permite a las manos comenzar el ciclo siguiente simultáneamente, sin romper el ritmo. Si se utiliza una deslizadera para transportar las piezas acabadas, se la situará de forma que estas se puedan soltar donde se terminan o en un punto lo más próximo posible a este.

(5) *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 16, pág. 28; también, *The Iron Age,* vol. XIX, núm. 13, págs. 32-37.

Se encuentra un ejemplo perfecto de este caso en la figura 168. La operación consiste en quitar las rebabas de un agujero practicado en el extremo de un angular pequeño. El avance del taladro se efectúa gracias a un pedal, y el angular se mantiene en posición mediante un

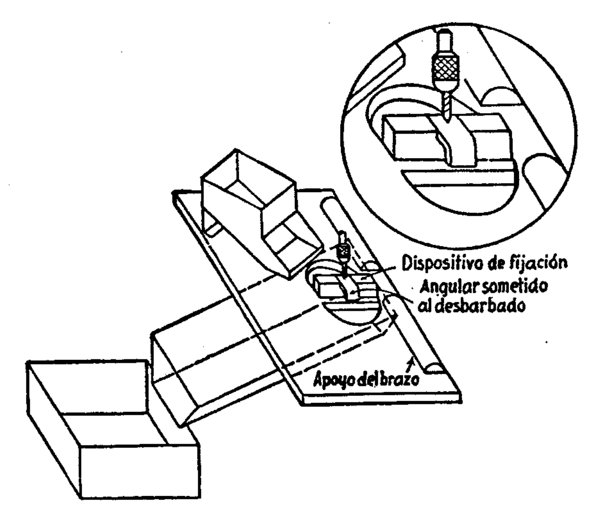


FIG. 168.—Taladro accionado por el pie para el desbarbado de piezas pequeñas. Las piezas terminadas caen por gravedad en un depósito.

dispositivo de sujeción montado en la mesa del taladro, sobre un tablero de madera contrachapada situado a 15 cm por encima de la mesa. Este tablero sirve de lugar de trabajo auxiliar, haciendo innecesario abrir en la mesa del taladro los agujeros que se practican a ambos lados del dispositivo de sujeción y que conducen a una deslizadera situada debajo de la mesa.

La pieza se coloca en el dispositivo de sujeción y se baja el taladro hasta ella. Esto hace que la pieza se mantenga en posición mientras se procede al desbarbado y, una vez terminado el trabajo y elevada la broca, la pieza cae por gravedad en la deslizadera. Resultó económico instalar el taladro como se describe, debido a la gran cantidad de operaciones que tenían que ejecutarse.

En el montaje de perno y arandela (véase Fig. 127) había que sacar del agujero los montajes acabados y llevarlos luego hacia un lado unos

cuantos centímetros antes de soltarlos en la deslizadera. Una disposición aún mejor hubiera sido que los montajes cayeran a través de las plantillas, moviendo alguna trampilla en el fondo mediante un pedal. No obstante, esta disposición hubiera encarecido la plantilla, lo cual no estaba justificado en la fábrica donde se utilizaba.

Mucha gente no se da cuenta de la cantidad de tiempo que se puede emplear en dejar las piezas acabadas.

Recientemente, se llevó a cabo un estudio del calibrado de alfileres pequeños en una plantilla montada en el borde frontal de la mesa, soltándolos después en una caja situada primeramente a 7,62 cm detrás de la plantilla, luego a una distancia de 25,4 cm y finalmente a una distancia de 50,8 cm. El tiempo necesario para los movimientos de transporte con carga y dejar la carga fue mínimo cuando los alfileres se dejaban caer en el depósito más próximo a la plantilla. Se necesitó un 18 por 100 más de tiempo para el depósito a 25,4 cm y un 34 por 100 más cuando el depósito estaba a 50,8 cm.

14. Deben situarse los materiales y las herramientas de modo que permitan el mejor orden de movimientos.

El material necesario al principio del ciclo se debe colocar próximo al punto en que se suelta la pieza acabada del ciclo precedente. En el montaje de perno y arandelas (véase Fig. 127), las arandelas de goma estaban en depósitos situados próximos a la deslizadera sobre la cual se soltaban los montajes del ciclo precedente. Esta disposición permitía el mejor uso de ambas manos al principio del ciclo siguiente.

La posición del movimiento en el ciclo puede afectar al tiempo de su ejecución. Así, p. ej., el tiempo para el movimiento de transporte en vacío tiende a ser más largo cuando va seguido por el movimiento seleccionar que cuando le sigue un movimiento bien definido, tal como coger una pieza dejada previamente en posición. La razón para ello está en que la mente comienza a seleccionar durante el transporte en vacío. Cuando al movimiento transporte con carga le sigue uno de poner en posición, aquel se retrasa debido a la preparación mental para este. El tiempo para el movimiento coger está afectado por la velocidad de la mano que precede a la acción. Un orden de movimientos satisfactorio en una clase de trabajo puede ayudar a determinar el orden a seguir en otros tipos de trabajo.

15. Deben existir condiciones de visibilidad adecuadas. El primer requisito para una percepción visual satisfactoria es una buena iluminación.

La percepción visual puede tener lugar en condiciones tan variables que lo previsto para una clase de trabajo no es siempre lo más

satisfactorio para otras. Así, p. ej., las previsiones que se hagan para un trabajo muy fino, como la fabricación de relojes, han de ser diferentes a las recomendadas para la inspección de defectos superficiales de cueros u hojalatas. No obstante, si se tiene una iluminación adecuada se facilita la acción de ver, aunque ello no suponga la solución completa del problema. Por iluminación adecuada se quiere decir: 1) Luz de intensidad suficiente para la tarea en cuestión. 2) Luz del color adecuado y sin deslumbramiento. 3) Luz orientada en la dirección debida.

Se debe tener en cuenta que la visibilidad de un objeto viene determinada por las variables siguientes (6): brillo del objeto, su contraste con el fondo, tamaño del objeto, tiempo disponible para ver, distancia del objeto al ojo y otros factores, tales como distracción, fatiga, tiempo de reacción y deslumbramiento. Estas variables están relacionadas de forma tal que una deficiencia en una de ellas puede compensarse con el aumento de una o varias de las otras, siempre que todos los factores sean superiores a ciertos límites (7).

La intensidad de iluminación que cae sobre un objeto y el factor de reflexión de este o de su fondo han de considerarse conjuntamente para obtener una iluminación adecuada. Así, p. ej., las páginas de una guía telefónica son de color oscuro, y no es tan grande el contraste entre la letra impresa y la página como si la impresión hubiera sido hecha en papel bueno. El papel de la guía refleja solo el 57 por 100 de la luz incidente, mientras que el papel adecuado refleja alrededor del 80 por 100.

Se necesita una luz dos a tres veces mayor para leer una guía de teléfonos que la necesaria para leer con igual facilidad los mismos nombres y números impresos con tinta más negra sobre el mencionado papel blanco (8). Coser sobre tela negra es difícil incluso con las mejores condiciones de alumbrado. Así, pues, la tela negra con un factor de reflexión del 4 por 100 requiere 200 bujías pie (*) para producir el mismo brillo que 10 bujías pie sobre tela blanca (9). El conocimiento de esta cuestión sugiere el empleo de una intensidad de iluminación mayor o de fondos más claros para trabajos con objetos de factor de reflexión bajo o para hacer trabajos muy finos. El tamaño de la imagen del objeto sobre la retina del ojo ha de ser suficientemente grande para

(6) M. Luckiesh y F. K. Moss: "The Applied Science of Seeing", *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, vol. XXVIII, pág. 846.

(7) M. Luckiesh y F. K. Moss: "The Human Seeing-Machine", *Journal of the Franklin Institute*, vol. CCXV, núm. 6, pág. 647.

(8) M. Luckiesh: *Seeing and Human Welfare*, pág. 85. Williams and Wilkins. Baltimore.

(*) 1 bujía pie = 11,98 lux = 10,79 lux internacional *(N. del T.)*

(9) M. Luckiesh y F. K. Moss: "The Applied Science of Seeing", *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, vol. XXVIII, pág. 854.

que se puedan apreciar debidamente los detalles. En trabajos muy finos, este factor es de importancia esencial. Dentro de ciertos límites, un aumento de iluminación sobre el objeto o un aumento del contraste entre este y lo que le rodea produce el mismo efecto que una disminución de la distancia entre el ojo y el objeto.

Sedante de la tensión ocular en trabajo de montaje fino.—El siguiente caso (10) muestra los cambios que se pueden hacer para mejorar la visión en trabajos de montaje fino. La operación consistía en

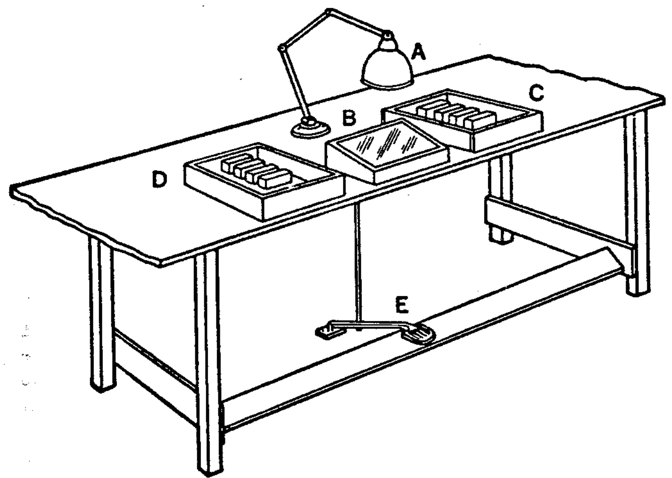


FIG. 169.—Alumbrado mejorado: *A*, lámpara ajustable para luz directa; *B*, luz de fondo; *C*, trabajo acabado; *D*, trabajo esperando ser ajustado; *E*, interruptor accionado por el pie para la lámpara ajustable.

el montaje y ajuste de piezas de un mecanismo delicado de medición eléctrica. La tarea, ejecutada por hombres, exigía tres cuartos de hora para cada unidad. La tensión y fatiga oculares eran excesivas, debido a que, en ciertas partes de la operación, la iluminación era tan inadecuada, con relación a la pequeñez de las piezas, que había que sostener la pieza muy cerca del ojo.

Para remediarlo se introdujo un período de descanso y se perfeccionó la iluminación del lugar de trabajo. La figura 169 muestra las nuevas unidades de alumbrado. Se colocó una luz de fondo en el banco de trabajo, manteniéndola encendida todo el tiempo, porque ciertas partes de la operación podían hacerse mejor silueteando el mecanismo contra un fondo iluminado. Cuando era necesario ver el montaje bajo

(10) J. H. MITCHELL: "The Relief of Eyestrain on a Fine Assembly Process", *The Human Factor*, vol. X, núm. 10, pág. 341.

luz directa, se apretaba un pedal, que encendía la lámpara superior. De los ensayos realizados se sacó en consecuencia que el mejor color para la luz de fondo era blanco o amarillo pálido y que no debía ser deslumbrante.

El efecto de los períodos de descanso y del perfeccionamiento del alumbrado, sobre el trabajo de seis hombres del grupo experimental, durante el período de prueba, fue una mejora en la calidad del trabajo y, además, un aumento del 20 por 100 en la producción. En el cálculo de la producción diaria se incluyó el período de descanso como tiempo de trabajo.

Uso de lentes especiales para trabajos muy finos.—En ciertas clases de trabajos muy finos, cualquiera que sea la intensidad de iluminación, se ha de mantener el ojo muy próximo al objeto. Esta posición de trabajo provoca una tensión grande (11) en los músculos oculares de convergencia y acomodación (12). Los experimentos muestran que es aconsejable el uso de lentes especiales para que los ojos puedan adoptar su posición normal. Se ha aumentado la producción en un 12 por 100, aproximadamente, gracias al uso de lentes en trabajos tales como montaje de filamentos de lámparas, remallado en la fabricación de medias y remetido en procesos de tejido (13).

Tiempo para ver.—La visión puede tener lugar únicamente después que los ojos se paran y enfocan el objeto. Por ejemplo, en la lectura de una página impresa, los ojos no describen un movimiento continuo a lo largo de la línea, sino más bien una serie de saltos. Los ojos comienzan a la izquierda de la línea impresa y progresan fijándose sucesivamente en diversos puntos a lo largo de la línea, hasta el extremo derecho. A continuación se mueven hasta el extremo izquierdo de la línea siguiente, con una pasada suave, durante la cual el ojo no ve nada. Los movimientos de ambos ojos están coordinados y no pueden moverse voluntariamente uno sin el otro. El número de movimientos y pausas que hacen los ojos al leer una línea impresa varía generalmente entre tres y siete, según la longitud de la línea, la visibilidad del impreso, la habilidad del lector y otros factores.

(11) H. C. WESTON y S. ADAMS: *On the Relief of Eyestrain among Persons Performing Very Fine Work*, Industrial Fatigue Research Board, *Informe* 49, página III, 1928.

(12) "Cuando se mira un objeto cercano, tienen lugar simultáneamente dos acciones musculares: una que provoca una ligera rotación de los ojos acercándolos entre sí, a fin de que caiga la imagen en el mismo punto de la retina de cada ojo, y la otra es un cambio de la curvatura del cristalino para enfocar el objeto. La primera acción se conoce con el nombre de *convergencia* y la segunda con el de *acomodación*..." *Ibídem*, pág. III.

(13) *Ibídem*, pág. 5.

Generalmente se está de acuerdo en que la longitud óptima de línea es de 7,5 a 10 cm y que no debe exceder mucho de los 10 cm. El tipo de letra de diez puntos parece ser el tamaño óptimo para letra impresa, aunque puede variar según los casos (14).

Las pausas para fijar la mirada requieren una media de 0,17 segundos. Las pruebas muestran que el intervalo de tiempo más corto posible para que una persona vea y obtenga una impresión visual adecuada de un objeto varía entre 0,07 segundos y 0,30 segundos, siendo la media de 0,17 segundos (15). La intensidad de iluminación afecta al tiempo necesario para ver. "Si un objeto con 50 por 100 de contraste está en el umbral de la visión, bajo una intensidad de iluminación dada, cuando el tiempo disponible es de 0,30 segundos, se ha de triplicar la intensidad de iluminación para que resulte visible cuando se reduce el tiempo a 0,07 segundos" (16).

Trabajo de inspección.—Para el trabajo de inspección es esencialmente importante adoptar condiciones de visión adecuada. Generalmente, esta clase de trabajo se repite mucho, es exacta en naturaleza y predominantemente mental. En muchas clases de trabajos de inspección se requiere una atención constante y un uso casi continuo de los ojos. A la percepción de un defecto ha de seguir una acción instantánea por parte del inspector para rechazar la pieza defectuosa. Algunas personas son capaces de apreciar diferencias menores que otras y perciben las mismas diferencias con mayor rapidez. Por tanto, es sumamente importante seleccionar por medio de pruebas adecuadas el personal que ha de realizar estos trabajos (17), ya que en la mayor parte de los mismos, el tiempo de reacción y la agudeza visual son factores esenciales.

Inspección de carretes metálicos.—A continuación se indican algunas aplicaciones prácticas para mostrar cómo se consiguieron condiciones de visión adecuada. El primer caso es la inspección de carretes metálicos, en los que se buscaban abolladuras, rasguños, exceso o falta de pintura y alas alabeadas. Esta operación se presenta con cierto detalle, ya que el método perfeccionado de inspección emplea varios principios de economía de movimientos, además de aquellos necesarios para una visión adecuada.

---

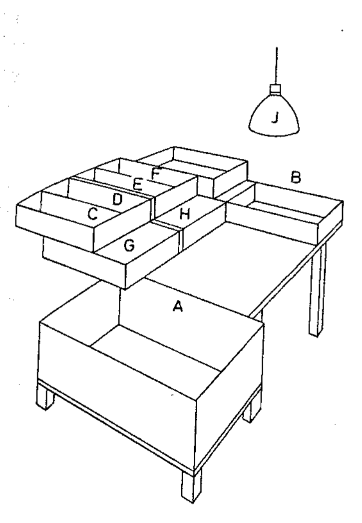
(14) M. D. VERNON: *The Experimental Study of Reading*, págs. 165-66. Cambridge University Press. Londres.

(15) M. LUCKIESH: *Seeing and Human Welfare*, pág. 96. Williams and Wilkins. Baltimore.

(16) *Ibidem*, pág. 96.

(17) S. WYATT y J. N. LANGDON: *Inspection Processes in Industry*, Industrial Health Research Board. *Informe* 63, pág. 46.

Método antiguo de inspección.—El inspector se sentaba a la mesa como muestra la figura 170. Los carretes que se iban a inspeccionar se colocaban a la izquierda del inspector, en una caja grande de acero *A*; los aceptados se disponían ordenadamente en una bandeja metálica pequeña *B*, a la derecha del inspector, y los defectuosos se echaban a unas bandejas situadas en la parte posterior de la mesa, enfrente del inspector. Se clasificaban como *C*, extremos doblados; *D*, poca pintura; *E*, cañas solapadas; *F*, alas descentradas; *G*, abolladuras; *H*, mucha pintura.



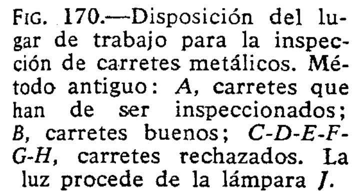


FIG. 170.—Disposición del lugar de trabajo para la inspección de carretes metálicos. Método antiguo: *A*, carretes que han de ser inspeccionados; *B*, carretes buenos; *C-D-E-F-G-H*, carretes rechazados. La luz procede de la lámpara *J*.

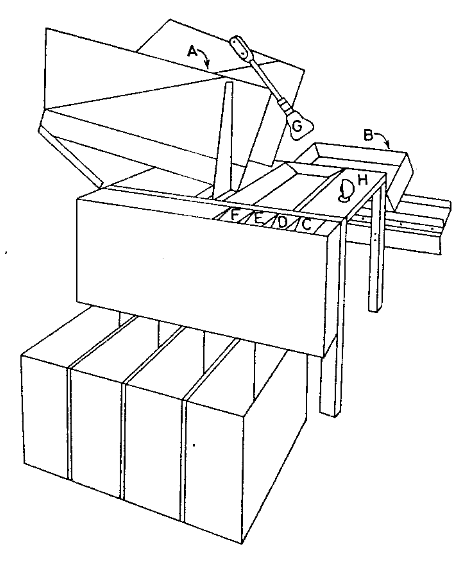


FIG. 171.—Disposición del lugar de trabajo para la inspección de carretes metálicos. Primer método perfeccionado: *A*, tolva de suministro: carretes que han de ser inspeccionados; *B*, carretes buenos; *C-D-E-F*, carretes rechazados. Obsérvese la colocación de las lámparas en *G* y en *H*.

Elementos de la operación.—El inspector se volvía hacia la caja (dejada previamente en posición por el encargado de los suministros) colocada a su izquierda, cogía carretes con ambas manos y los colocaba ante sí sobre la mesa, repitiendo la operación hasta acumular cierta cantidad de ellos. De una pila, a su derecha, cogía luego una bandeja vacía para los carretes buenos y otras, también vacías, para las diversas clases de carretes defectuosos.

A continuación, realizaba la inspección de la siguiente forma:

1. Cogía con el pulgar y el índice de cada mano un carrete de la mesa, inspeccionaba la parte exterior de las alas mirándolas perpendicularmente, y luego inclinaba los carretes y observaba si los extremos estaban doblados. Daba la vuelta a los carretes y repetía los movimientos anteriores para las otras alas. Poniéndolos luego en posición horizontal, los hacía girar para inspeccionar el interior de las alas. Si los carretes eran buenos, los pasaba a la palma de su mano y si encontraba algún defecto, dejaba el carrete en la bandeja correspondiente. Estos elementos se repetían hasta que en cada mano se acumulaban tres o cuatro carretes (según su tamaño).

2. El inspector colocaba los carretes sostenidos por su mano derecha en la bandeja de carretes buenos a su derecha; luego pasaba los carretes sostenidos por la mano izquierda a la mano derecha, para que esta los colocara en la bandeja. Durante este tiempo, la mano izquierda permanecía inactiva. A continuación, el inspector llevaba ambas manos a los carretes amontonados en la mesa y repetía los elementos expuestos en 1.

3. A medida que se acumulaban carretes buenos en la bandeja, el operario los movía para ponerlos en posición, empujando una fila contra la siguiente o, si era la primera fila, contra un costado de la bandeja.

4. Cuando se llenaba una bandeja, el inspector escribía una etiqueta y la colocaba en el extremo de aquella. Después colocaba la bandeja en la parte posterior de la mesa, de donde la cogía el encargado de los suministros.

Primer método perfeccionado de inspección.—El inspector se sentaba ante la mesa, como se muestra en la figura 171, y el operario encargado de los suministros colocaba los carretes que habían de ser inspeccionados en la tolva *A* (véase Fig. 171), por la cual caían por gravedad sobre la mesa de inspección. Los carretes buenos se colocaban ordenadamente en la bandeja *B*, a la derecha del inspector, convenientemente inclinada y situada a la altura debida para que se pudieran dejar los carretes con un mínimo de esfuerzo. La mano izquierda colocaba los carretes defectuosos en la abertura correspondiente de las cuatro practicadas en la mesa, a la izquierda del inspector. Estos carretes caían por una deslizadera a las bandejas colocadas en el suelo. Los carretes defectuosos se clasificaban en: *C*, extremos doblados; *D*, poca pintura; *E*, mucha pintura, y *F*, abollados.

Elementos de la operación.

Elementos para carretes buenos

MANO IZQUIERDA	MANO DERECHA
1. Coger dos carretes.	1. Poner los carretes buenos en la bandeja.
2. Pasar un carrete a la mano derecha.	2. Recibir un carrete de la mano izquierda.
3. Inspeccionar el ala superior bajo la luz superior.	3. Inspeccionar el ala superior bajo la luz superior.
4. Girar 60° el carrete.	4. Girar 60° el carrete.
5. Inspeccionar la otra ala a la luz inferior.	5. Inspeccionar la otra ala a la luz inferior.
6. Inspeccionar la caña mientras el pulgar y el índice hacen girar el carrete (bajo la luz superior).	6. Inspeccionar la caña mientras el pulgar y el índice hacen girar el carrete (bajo la luz superior).
7. Pasar el carrete a la palma de la mano.	7. Pasar el carrete a la palma de la mano.
8. Coger un carrete.	8. Coger un carrete.

Repetir los elementos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 hasta que haya tres o cuatro carretes en cada mano.

9. Pasar los carretes a la mano derecha.	9. Coger los carretes que le da la mano izquierda.

Elementos para carretes defectuosos

1. Cuando en los elementos 3, 5 ó 6 se encuentra exceso de pintura, extremos doblados o abolladuras, rechazar los carretes, dejándolos en la deslizadera. Cuando se encuentra poca pintura en el elemento 3, inspeccionar el carrete (elementos 5 y 6), buscando otros defectos antes de rechazarlo.	1. Coger otro carrete.
2. Coger el carrete de la mano derecha y rechazarlo.	2. Cuando se encuentra un carrete defectuoso en la mano derecha pasarlo a la mano izquierda y coger un carrete nuevo.

Elementos auxiliares

1. Procurarse una bandeja vacía de la pila situada detrás del inspector y colocarla en la mesa, a la derecha.
2. Cuando se ha llenado la bandeja, escribir la etiqueta y colocarla en el extremo de la bandeja.
3. Empujar la bandeja llena hacia atrás, para que la recoja el encargado de los suministros.

Comparación de los dos métodos de inspección.—El primer método perfeccionado de inspección era superior al antiguo por las siguientes causas:

1. En la mesa nueva se usaban dos luces para iluminar la inspección, así que solo había que hacer girar 60 grados los carretes para inspeccionar ambos extremos. Con una sola luz, en el método antiguo, era necesario un giro de 180 grados. Se había aumentado mucho la intensidad de iluminación, que era, en el nuevo método, de 150 bujías pie en el punto de inspección. Las bombillas estaban apantalladas para evitar el deslumbramiento.
2. Se había dispuesto el trabajo de ambas manos de forma que, prácticamente, ninguna de las dos permanecía inactiva durante el ciclo.
3. El encargado de los suministros colocaba los carretes en la tolva, y estos avanzaban por gravedad (empujados hacia abajo por el inspector, de cuando en cuando, mediante un gancho) hasta la mesa de inspección. Esto ahorraba el tiempo de levantar los carretes de la caja a la mesa, como era necesario en el método antiguo.
4. Se echaban los carretes rechazados por unas aberturas practicadas convenientemente, cerca de la posición de trabajo de las manos. En el método antiguo, el inspector tenía que tirar los carretes a las bandejas apiladas enfrente de él.
5. La bandeja receptora de carretes buenos estaba situada a la altura apropiada e inclinada convenientemente.
6. La bandeja de trabajo acabado descansaba en un estante metálico y se podía empujar fácilmente hacia la parte posterior de la mesa, de donde se la llevaba el encargado de los suministros. El inspector no tenía que levantar las bandejas llenas.
7. Se concedía a los inspectores un período de descanso de 5 minutos al final de cada hora, por lo que se mostraban muy satisfechos. Anteriormente, se les daba un período de descanso de 5 minutos por la mañana y otro igual por la tarde.
8. Apoyos para los brazos situados en el frente de la mesa tendían a afirmar las manos y reducir la fatiga. La sillas se adaptaban cuidadosamente a cada inspector.

Adiestramiento de inspectores.—Se necesitó un estudio detallado para proyectar la nueva mesa y determinar el procedimiento adecuado para los elementos de la inspección en sí. Una vez ideado el método de trabajo más satisfactorio, se instruyó cuidadosamente a los inspectores. Se pasaron películas a cámara lenta *(ralenti)* para mostrar el orden de los movimientos y solo después de una preparación cuidadosa e intensiva pudieron hacer el trabajo en la forma adecuada y alcanzar la producción esperada.

Ahorros.—Con el nuevo método se inspeccionaba a diario un número *doble* de carretes que con el anterior y, al parecer, con tensión ocular y fatiga menores. Se necesitaba menos de la mitad de espacio y el aspecto del departamento era más agradable que antes. El número de producción por inspector no perjudicó la calidad de la inspección. Las mesas nuevas costaron menos de 25 dólares cada una.

Segundo método perfeccionado de inspección.—La primera mejora del método de inspección de carretes se llevó a cabo sin necesidad de cambiar la forma del carrete mismo ni de emplear dispositivos mecánicos u otros aparatos, aparte de una mesa especial de trabajo provista de dos lámparas ordinarias de 60 vatios, situadas sobre ella en una posición determinada. Sin embargo, a causa del incremento en la cantidad de carretes fabricados y del aumento en los salarios hora de los obreros, volvió a estudiarse concienzudamente el trabajo de inspección, bajo todos sus aspectos, resultando de ello que podría proyectarse la instalación de tal manera que la tarea de inspección fuera automática. En vez de comenzar por el proyecto de una máquina completamente automática, se decidió ir mejorando el método paso a paso. En primer lugar se modificó la forma de los carretes, haciendo idénticos sus extremos, con lo que resultó innecesario colocar ordenadamente los carretes buenos en las bandejas. Puesto que el factor limitativo de la inspección era la habilidad del operario para manipular los carretes, se proyectó un calibre "pasa y no pasa". Mientras los carretes se deslizaban por dos galgas inclinadas (*D* en la Fig. 172), se comprobaban simultáneamente sus tolerancias interiores y exteriores. Si el carrete pasaba por la galga, era aceptado; en caso contrario, se separaba como material de desecho. A fin de reducir el tiempo de poner en posición los carretes en las galgas, se hicieron dos agujeros elípticos en la parte superior de la mesa (*B* en la Fig. 172). Un embudo de forma especial situado debajo de los agujeros permitía al operario soltar los carretes con la mínima alineación. Los embudos depositaban los carretes sobre las aberturas de introducción de la galga (*C* en la Fig. 172).

Esta segunda mejora del método eliminó completamente la ins-

pección visual, consiguiéndose un aumento del 108 por 100 sobre la primera mejora del método.

Al aumentar posteriormente la producción, resultó económico proyectar un alimentador vibrante para llevar los carretes a las galgas de comprobación, con el cual el operario sólo tenía que retirar las

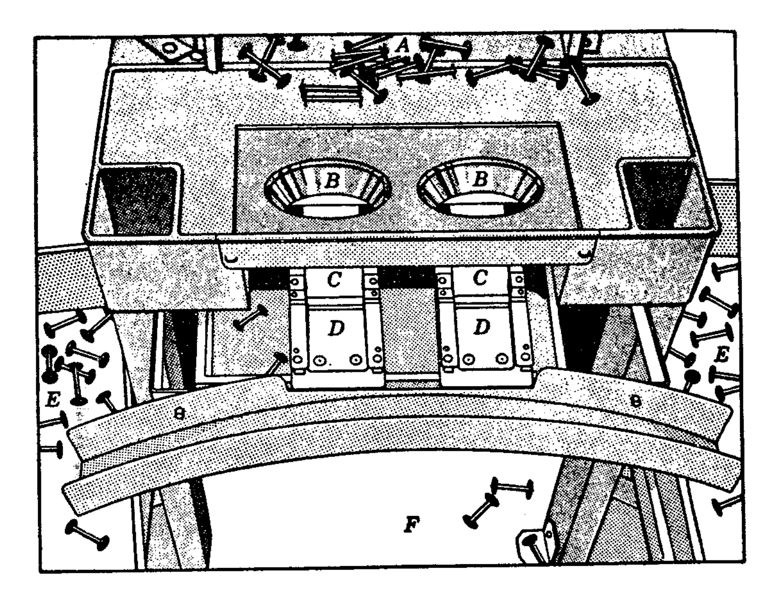


FIG. 172.—Disposición del lugar de trabajo para inspeccionar carretes metálicos, según el segundo método perfeccionado: *A*, carretes a inspeccionar; *B*, agujeros para llevar los carretes a los calibres de inspección; *C*, abertura de introducción en el calibre; *D*, plano inclinado; *E*, carretes correctos; *F*, carretes defectuosos.

piezas rechazadas por las cuatro galgas que constituían una unidad de trabajo. Con ello se consiguió otro aumento del 125 por 100 sobre la segunda mejora. El resumen de las diversas mejoras de esta operación puede verse en la figura 197.

Inspección al trasluz.—Los productos hechos de material transparente o traslúcido pueden inspeccionarse transmitiendo la luz a través del producto. Se pueden detectar fácilmente fibras rotas, nudos y otros defectos en la tela; burbujas, roturas y materias extrañas en el vidrio cuando se utiliza el trasluz para la inspección.

En una fábrica se empleaba este tipo de inspección para descubrir en las botellas de leche suciedad, roturas, grasa o pedazos de vidrio roto. En una cornisa, encima del transportador de correa sobre el que pasaban las botellas lavadas, camino de las máquinas de embotellado, se instalaron, una junto a otra, lámparas de 200 vatios. En la superficie de la correa existía una iluminación de 150 bujías pie, aproximadamente. La parte posterior de la superficie de inspección se pintó de blanco, a fin de que se pudieran descubrir los defectos oscuros, y el transportador de correa era negro para que ayudara a detectar los pedazos de vidrio roto que pudiera haber en el fondo de la botella. Un operario podía inspeccionar botellas a la velocidad de 128 por minuto, a medida que pasaban sobre el transportador.

16. La altura del lugar de trabajo y la del asiento correspondiente a cada operario deberán combinarse de forma que permitan a este sentarse o ponerse en pie con facilidad mientras trabaja.

El trabajador debe poder cambiar de posición durante el trabajo, permaneciendo sentado o en pie, según prefiera (18). Haciéndolo así descansan ciertos músculos, y el cambio de posición influye favorablemente sobre el sistema circulatorio. Se ha comprobado que el permanecer durante mucho tiempo sentado o en pie produce más cansancio que el cambiar alternativamente de postura.

En muchas clases de trabajo resulta sumamente fácil disponer el lugar adecuado para este, de forma que pueda ejecutarse en pie o sentado, siendo tan importante esta cuestión, desde el punto de vista sanitario, que algunos estados de la Unión, en Norteamérica, han establecido leyes por las que se dispone que el trabajo pueda realizarse sentado o en pie. A continuación incluimos el texto de una de estas disposiciones:

Mesas y asientos de trabajo.—Se deberá proveer, siempre que sea posible y la naturaleza del trabajo lo permita, a juicio de la Comisión, lo siguiente: Asientos, para cada mujer o empleado menor de edad, junto a las máquinas o mesas de trabajo, de forma que se puedan adaptar a las mismas y permitan trabajar prácticamente en igual forma, tanto en pie como sentado. Las mesas de trabajo, incluyendo las que se utilizan para operaciones como cortar y envasar en latas, así como las de los transportadores para escogido o selección de productos, deberán tener dimensiones apropiadas que no impidan físicamente un trabajo eficiente, tanto en pie como sentado, debiendo tener apoyos para los pies, ajustables según las necesidades. Las nuevas instalaciones deberán ser aprobadas por la Comisión (19).

Sería preferible que la altura del lugar de trabajo y la de la silla estuviesen de acuerdo con la del operario que vaya a utilizarlas; esto,

(18) "First Principles of Industrial Posture and Seating", New York Department of Labor, *Special Bulletin* 141, pág. 2, enero 1926.

(19) "Seating of Women and Minors in the Fruit and Vegetable Canning Industry", California Industrial Welfare Commission, *Boletín 2a*, pág. 3.

sin embargo, no es siempre posible, por lo cual se suelen utilizar en muchos casos las dimensiones que más se adapten a las de un operario de estatura media.

Normalmente se parte de la altura del codo del obrero para establecer las alturas que deben corresponder a la mesa y silla para el trabajo. La Industrial Welfare Commission of California comprobó que, para personas de estatura media, la altura del codo es de un metro, aproximadamente, para las mujeres, y de 75 a 100 mm más para los hombres, y que un gran porcentaje de los trabajadores no presentan variaciones superiores a 37 mm sobre dicha altura normal (20).

Tomando, por tanto, 1 metro como altura del codo para las mujeres (los límites suelen ser 850 y 1.125 mm), con la mano en posición de trabajo situada de 25 a 75 mm más baja, la altura media de la superficie sobre la que se realiza el trabajo será del orden de 925 a 975 mm. La silla deberá tener una altura de 625 a 775 mm, según la estatura del trabajador. Partiendo de las alturas indicadas para la mesa y la silla, el operario queda en condiciones de mantener en igual posición relativa el codo y la mano con respecto al lugar de trabajo, tanto si está en pie como sentado.

Espacio entre la superficie superior del asiento y la de la mesa de trabajo.—El lugar de trabajo debe estar preparado en forma tal que deje sitio para colocar debajo, cómodamente, las dos piernas del operario. Por ello, hay que eliminar las columnas, soportes y otros posibles obstáculos bajo el mismo que puedan interferir la posición normal del trabajador, haciéndole adoptar posturas inadecuadas e incómodas. Es conveniente que la mesa o banco de trabajo no tenga un espesor superior a 50 mm, dándole una altura tal que la distancia entre la parte superior del asiento y la superficie inferior de la mesa esté comprendida entre 150 y 250 mm.

Una mesa de trabajo con una altura de 925 mm será demasiado alta para una persona de estatura baja, pero puede adaptarse a su altura colocando una pequeña tarima sobre el suelo, encima de la cual puede permanecer en pie. Otras veces, para obreros muy altos, se coloca sobre la mesa de trabajo otra pequeña plataforma, con objeto de que la altura de la superficie de trabajo quede en el lugar conveniente. Si esto no es posible, los operarios de más estatura trabajarán en condiciones desventajosas mientras estén en pie; pero no siempre sucederá lo mismo si trabajan sentados.

En algunas clases de trabajo es necesario disponer recipientes de materiales sobre la mesa o banco de trabajo, lo cual equivale a aumen-

(20) *Ibídem*, pág. 3.

tar su espesor. Ahora bien: no es conveniente que el grosor de la mesa de trabajo sobrepase los 125 mm, pues entonces no resultará cómodo para el obrero trabajar, alternativamente, en pie o sentado.

La altura mínima de la mesa para poder mantener una posición cómoda viene determinada por otro factor que la limita. Este es la distancia entre la altura del codo y la parte inferior de la mesa, que no debe sobrepasar unos 200 mm si se quiere mantener una postura reposada; una separación mayor impediría la posición normal de las rodillas. Por tanto, si tomamos como válidos esta distancia de 200 mm y un espesor de 25 mm para la mesa, la altura mínima de esta deberá ser de unos 835 mm.

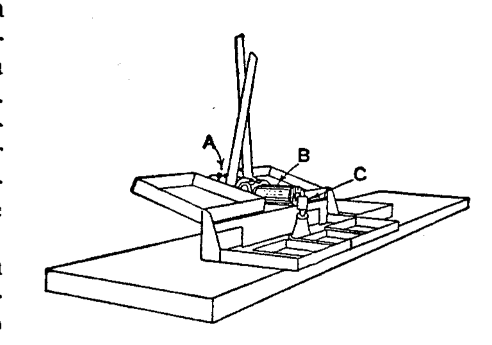


FIG. 173.—Torno de banco partido por la mitad para permitir trabajar en pie o sentado. Este torno se utiliza para el montaje de piezas de goma dura.

En algunas fábricas se han cortado los tornos de banco por la mitad (véase Fig. 173), montándose con los ejes de los husos perpendicularmente el borde frontal del banco. Esta disposición permite el trabajo sentado y en pie y facilita su realización con ambas manos (21).

Apoyos para los brazos.—A veces, la naturaleza de la tarea a realizar aconseja la instalación de apoyos para los brazos en el lugar de trabajo. Estos apoyos tienen gran efectividad en aquellas labores que precisan movimientos muy pequeños de los antebrazos, y en las que las manos trabajan casi en la misma posición, frecuentemente a cierta distancia del cuerpo y por largos períodos de tiempo. Las operaciones de fresado, terrajado y escariado ligero son con frecuencia de este tipo. En estos casos pueden colocarse apoyos de metal o de madera, almohadillados, en la parte superior del banco o mesa de trabajo, de forma que soporten el antebrazo. Estos apoyos no deben impedir en modo alguno los movimientos de los brazos y de las manos del obrero que los utilice. La figura 168 muestra un apoyo de este tipo.

Apoyos para los pies.—Cuando se utilizan asientos altos deben colocarse apoyos para los pies, los cuales han de estar unidos al suelo o

(21) W. R. MULLEE: "Motion Study Is Safety's Partner", *National Safety News*, vol. XXXIV, núm. 5, pág. 23.

al banco de trabajo preferiblemente, o bien a la silla, aunque no es tan deseable. El apoyo para los pies debe ser lo bastante amplio para que ambos pies puedan descansar por completo en él y permitirles algún movimiento. Generalmente se necesitarán 30 o más cm.

17. Debe instalarse para cada obrero una silla del tipo y altura adecuados para permitir una buena postura.

Damos a continuación una serie de aclaraciones acerca de lo que debe entenderse por una buena postura para el trabajo (22).

Postura correcta para trabajar en pie.—Es aquella en la cual las diferentes partes del cuerpo—cabeza, cuello, tórax y abdomen—están equilibradas verticalmente una sobre otra, de forma que su peso queda soportado principalmente por el esqueleto, precisándose un mínimo de esfuerzo por parte de los músculos y tendones. En esta postura y en condiciones normales, las funciones orgánicas, tales como respiración, circulación, digestión, etc., se llevan a cabo sin ninguna obstrucción mecánica y con la mayor efectividad posible.

Postura correcta para trabajar sentado.—Se insistirá siempre en que el cuerpo, en cualquier forma que se trabaje, debe mantenerse derecho desde las caderas hasta el cuello, sin flexionarse o vencerse por la cintura. Cualquier otra postura que se adopte perjudica la salud del trabajador, fatigando su espalda y disminuyendo su eficacia.

Las posturas incorrectas más frecuentes al trabajador sentado son las de hundirse en el asiento o inclinarse hacia un lado, siendo ambas incómodas y perjudiciales.

Cuando el trabajador está sentado, la silla debe ayudarle y no impedirle mantener una buena postura. Un buen asiento debe reunir las siguientes condiciones:

(22) Leyes laborales del Estado de Nueva York, Sección 150: "Se instalará y conservará un número suficiente de asientos adecuados, provistos de respaldos, cuando sea posible, en todas las fábricas, establecimientos mercantiles, ascensores, montacargas, hoteles y restaurantes para los empleados femeninos, a los que se les permitirá su uso en cuanto pueda ser razonable para conservar su salud. En las fábricas, se les permitirá a los empleados femeninos el uso de dichos asientos siempre que estén ocupados en un trabajo que pueda ejecutarse debidamente sentado. En los establecimientos mercantiles se dispondrá, al menos, de una silla por cada tres empleados femeninos y si la ocupación a que están dedicados se realiza delante de un mostrador, mesa, pupitre o plantilla, se colocará un asiento delante y si el trabajo se realiza detrás, el asiento se colocará detrás."

1.ª La altura de la silla debe ser ajustable, para adaptarla rápidamente a la estatura de la persona que ha de utilizarla. Si no son de esta clase, deberá haber varios tamaños, de conformidad con las alturas normales de los distintos tipos de personas que hayan de emplearlas, aunque, en general, resultan menos prácticas que las ajustables. Debe permitir al operario apoyar los pies sobre el suelo o sobre un soporte establecido para los mismos (véase Fig. 174).

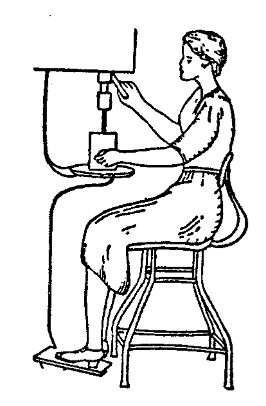


FIG. 174.—Un respaldo bien diseñado y ajustado adecuadamente ayuda a mantener derecha la columna vertebral eliminando la tensión de los músculos de la espalda.

2.ª La silla deberá ser de construcción rígida, a ser posible con estructura de acero, pero con asiento y respaldo de madera; esto último es importante, por ser el asiento de madera más cómodo que el metálico. Los bordes del asiento y del respaldo deberán ser redondos, con objeto de evitar las partes afiladas, que resultan incómodas y pueden impedir una buena circulación. No son recomendables las sillas giratorias e inclinables, a menos que sean imprescindibles para el trabajo a que se dediquen, ya que la fácil movilidad de estos asientos les da poca estabilidad, sobre todo en operaciones que requieran un esfuerzo muscular apreciable. La silla deberá estar provista de un dispositivo metálico colocado en sus patas, que permita un deslizamiento suave cuando el operario quiera retirarla hacia atrás, con objeto de continuar trabajando en pie, sin alterar la buena marcha de su trabajo.

3.ª El asiento de la silla debe tener una forma adecuada, puesto que ha de permitir una distribución por igual de todo el peso del cuerpo. Los bordes frontales serán redondeados (véase figura 175) y, normalmente, el extremo anterior será unos 25 mm más alto que el posterior. Si la persona que ha de utilizarlo tiene que trabajar inclinada hacia adelante, el asiento deberá ser sensiblemente horizontal. La anchura del asiento ha de ser adecuada para acomodar bien el cuerpo, siendo recomendable que esta dimensión sea de unos 406 a 432 mm; sin embargo, la profundidad no deberá pasar de 330 a 356 mm. El asiento poco profundo permite que el cuerpo se doble por la cadera al incli-

narse hacia adelante, mientras que uno profundo le obliga a doblarse por la cintura, curvando la columna vertebral y dando origen a una mala postura. Además, el asiento profundo tiende a cortar la circulación por la parte inferior de los muslos, cerca de la rodilla.

4.ª El respaldo de la silla debe servir de apoyo a la parte inferior de la columna vertebral (véase Fig. 174); para ello se evitarán los travesaños o barras posteriores a una altura inferior a 150 mm sobre la superficie del asiento. El tronco debe colocarse lo más atrás posible, de modo que el respaldo pueda sostener la parte inferior de la espalda. La parte más baja del respaldo deberá estar a unos 150 ó 175 mm sobre el asiento, según la estatura del operario. El ancho del respaldo será tan solo de unos 75 a 100 mm, y su longitud total, de 250 a 300 mm; es decir, que debe ser pequeño y, sin embargo, proporcionar una superficie de apoyo adecuada; ha de diseñarse de forma que no estorbe los movimientos de los brazos durante el trabajo. También es conveniente que el respaldo sea ajustable, para adaptarlo a la estatura del operario que ha de utilizarlo. Cuando este ha de trabajar inclinado hacia adelante, es evidente que no emplea el respaldo de la silla; no obstante, le será útil mientras descansa para relajar los músculos.



FIG. 175.—El asiento de la silla debe tener una forma adecuada y los bordes frontales deben estar bien redondeados.

CAPITULO XIX

PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO

18. Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por una plantilla, un aparato de sujeción o un dispositivo accionado por pedal.

Si observamos las diversas herramientas y dispositivos utilizados en la mayoría de las fábricas, adivinamos que las personas que los idearon no prestaron gran atención a los principios fundamentales de la economía de movimientos. En muchos casos se han construido únicamente para moverlos a mano, cuando concebidos para ser accionados por pedal hubiera dejado libres las manos del operario para realizar otros movimientos.

Herramientas y dispositivos de sujeción accionados por pedal.— Las herramientas manuales pueden adaptarse frecuentemente para su accionamiento por pedal, modificando ligeramente o añadiendo algunos elementos sencillos. Por ejemplo, el soldador eléctrico *A*, de la figura 176, puede subirse y bajarse mediante el pedal *B*. Terminada la soldadura, se levanta y acciona la válvula *C* de la conducción de aire comprimido, que deja pasar una corriente de aire destinada a enfriar la parte soldada. Utilizando este tipo de soldador, cierta empresa logró ahorrar el 50 por 100 del tiempo que antes empleaba en soldar un alambre en el extremo de una pantalla electrostática de forma plana.

En los departamentos de mantenimiento y construcción de muchas fábricas constituye una actividad importante la operación de corte y soldadura de tuberías. Para hacer más fácil esta tarea y conseguir que el operario trabajara con mayor eficacia, la Procter and Gamble Company proyectó y construyó un aparato que, accionado por el pie (figura 177), hacía girar el tubo, permaneciendo el operario en una posición cómoda.

Algunas veces se pueden utilizar dos pedales para accionar diferentes partes de una plantilla, dispositivo de sujeción o máquina. Una instalación como esta no perturbará al operario. Todos sabemos que un automóvil tiene varios, que el conductor maneja fácilmente y, en ocasiones, marchando a gran velocidad.

Preparación de cajas de cartón.—La figura 178 muestra la operación de montar cajas de cartón destinadas a envasar harinas para desayunos. Los cartones se llevan a la mesa de empaquetado y se apilan horizontalmente, como se indica en *A*.

FIG. 176.—Soldador accionado por pedal

Método perfeccionado.—Esta operación es igual a la ya descrita; no obstante, las cajas plegadas se apilan vertical (véase figura 179) en lugar de horizontalmente. Se utiliza una plantilla de alambre grueso, diseñada por E. H. Hollen, para ayudar al doblado de las lengüetas extremas y las laterales.

Como el tiempo necesario para preparar la caja según el nuevo método es tan corto, el mismo operario se encarga también de llenarla. Por consiguiente, se llena el envase con paquetes de harina en la posición *D*, figura 179. Después se pasa la caja de cartón a la máquina de cerrado automático, que le aplica cola y precinta ambos extremos. Nótese que la plantilla no tiene partes movibles y que se hizo con 609 cm de alambre de calibre 9 y un tablero, con un coste total de unos pocos dólares. Utilizando esta plantilla el operario puede preparar los envases en un tiempo inferior a la mitad del necesario para hacerlo por el método antiguo. El aumento de producción fué del 112 por 100 y la plantilla ahorra muchos movimientos de las manos en la preparación de las cajas. Por otra parte, como resultado de este estudio, se volvió a diseñar la caja, con lo que se ahorraron más de 20.000 dólares al año en el coste de los envases.

Máquina repasadora de roscas.—La máquina repasadora reproducida en la figura 180 costó 786 dólares y produce 1.100 piezas por hora (1). Esta máquina reemplaza a otra de tipo normal de dos ejes, que costaba 1.356 dólares y producía 600 piezas por hora.

La máquina perfeccionada, que incorpora una serie de principios de economía de movimientos, fue construida bajo la dirección de

(1) O. W. HABEL y G. G. KEARFUL: "Machine Design and Motion Economy", *Mechanical Engineering*, vol. LXI, núm. 12, pág. 897.

O. W. Habel, director de fabricación en la Saginaw Steering Gear División de la General Motors Corporation.

A continuación se dan a conocer algunas de las causas por las cuales el operario puede duplicar su producción gracias a esta nueva máquina:

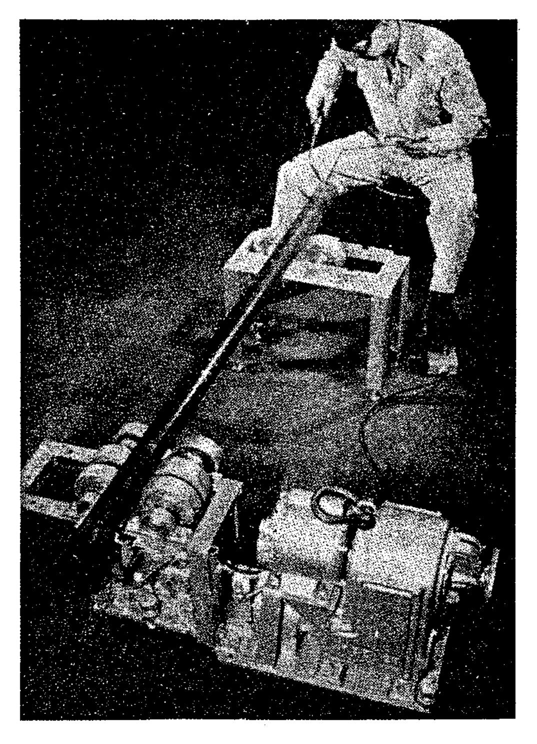
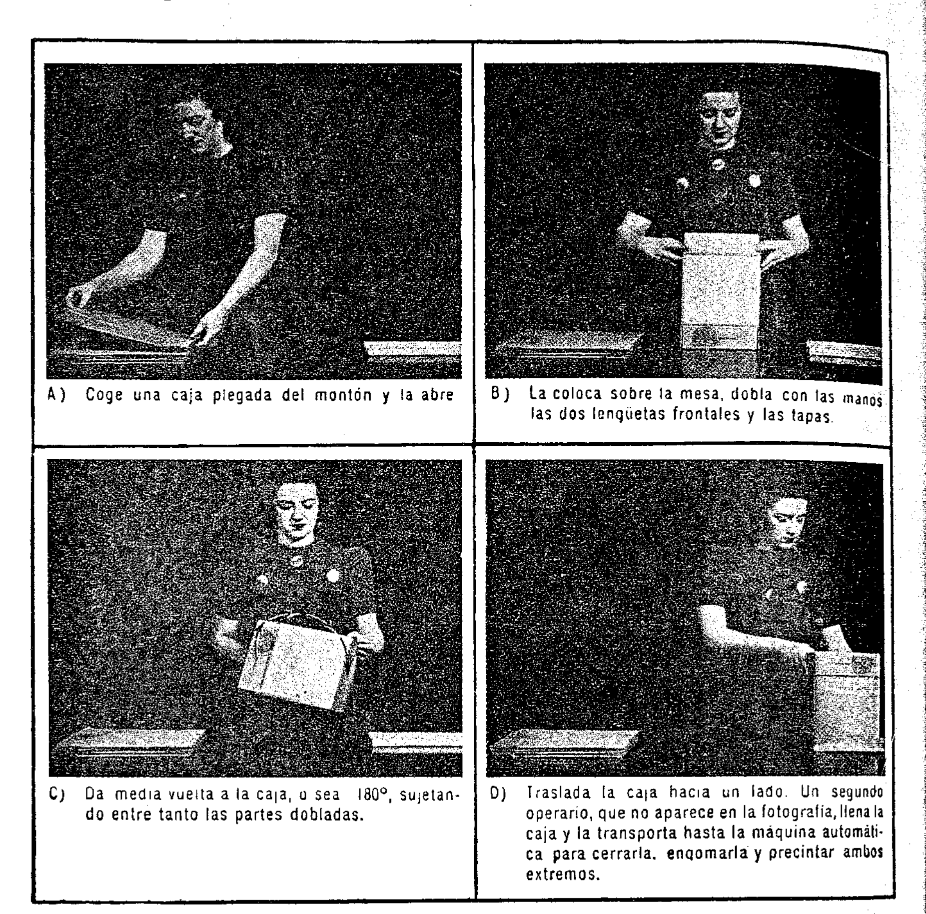


FIG. 177.—Aparato rotatorio para facilitar la soldadura de tubos, accionado por pedal.

1. Se reemplazaron los movimientos de las manos por movimientos mecánicos y realizados por el pie. El operario, sentado ante la máquina, coge un trozo de metal con cada mano de un lugar convenientemente fijado en la mesa y lo coloca en la plantilla doble. Pisando un pedal con el pie derecho se abre la válvula del aire, lo que hace funcionar el dispositivo de sujeción. Oprimiendo el pedal izquierdo con el pie correspondiente se baja el troquel.
2. El trabajo no pasa de una mano a la otra y las piezas acabadas se echan en una rampa, que las conducen a una caja.

3. Los movimientos de mano y ojo permanecen dentro de la zona normal de trabajo.
4. No se utilizan las manos para sostener o manipular ninguna parte de la máquina. No hay mandos pequeños que buscar y manipular.



A) Coge una caja plegada del montón y la abre

B) La coloca sobre la mesa, dobla con las manos las dos lengüetas frontales y las tapas.

C) Da media vuelta a la caja, o sea 180°, sujetando entre tanto las partes dobladas.

D) Traslada la caja hacia un lado. Un segundo operario, que no aparece en la fotografía, llena la caja y la transporta hasta la máquina automática para cerrarla, engomarla y precintar ambos extremos.

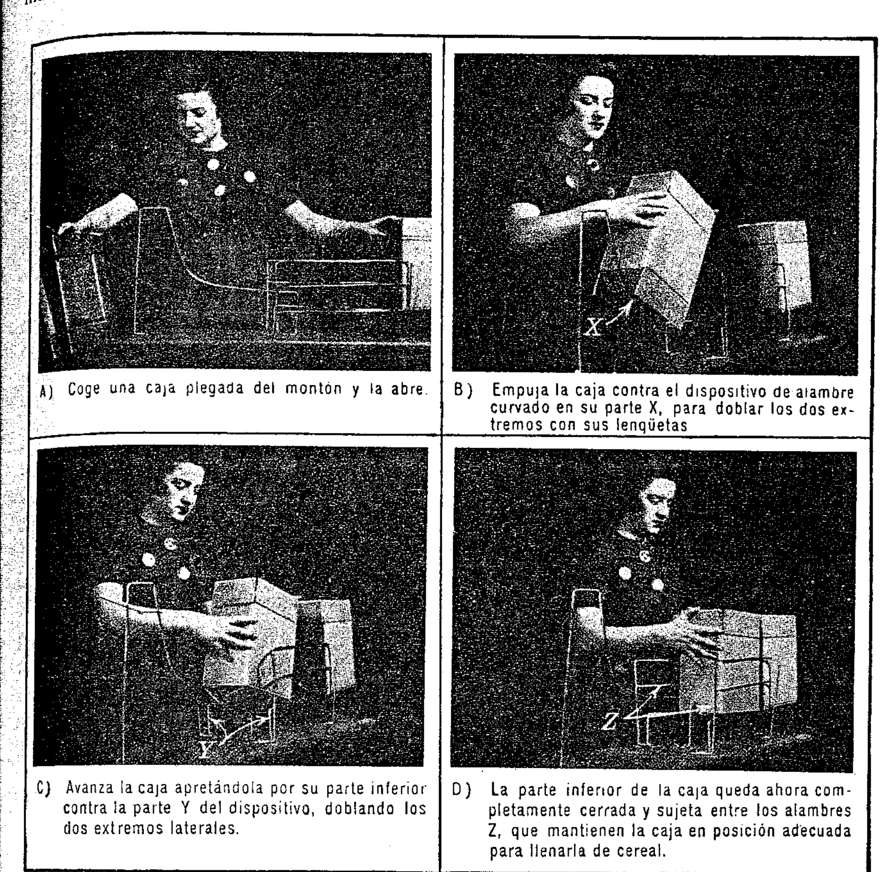
FIG. 178.—Preparación de cajas de cartón para embalar, según el método antiguo.

5. Los dispositivos de sujeción tienen bocas acampanadas para facilitar la colocación en posición de los trozos de metal.

No es necesario citar más ejemplos de aparatos accionados por pedal, pues su uso está muy generalizado. En realidad, podría formularse la siguiente pregunta en toda clase de trabajo de banco o máquina: "¿Se

puede utilizar un dispositivo accionado por pedal para facilitar el trabajo?"

Diseño de pedales.—Aunque los pedales son uno de los dispositivos más comúnmente empleados para dejar libres las manos, a fin de dedi-



A) Coge una caja plegada del montón y la abre.

B) Empuja la caja contra el dispositivo de alambre curvado en su parte X, para doblar los dos extremos con sus lengüetas

C) Avanza la caja apretándola por su parte inferior contra la parte Y del dispositivo, doblando los dos extremos laterales.

D) La parte inferior de la caja queda ahora completamente cerrada y sujeta entre los alambres Z, que mantienen la caja en posición adecuada para llenarla de cereal.

FIG. 179.—Preparación de cajas de cartón para embalar, según el nuevo método. El rendimiento aumentó en un 112 por 100. También, como resultado de este estudio, se diseñó la caja de nuevo, lo que produjo un ahorro de 20.000 dólares al año.

carlas a trabajo productivo, la mayoría de ellos presentan diseños poco afortunados.

Se pueden clasificar los pedales en dos categorías: 1) los que requieren un esfuerzo considerable para hacerlos funcionar, y 2) los que

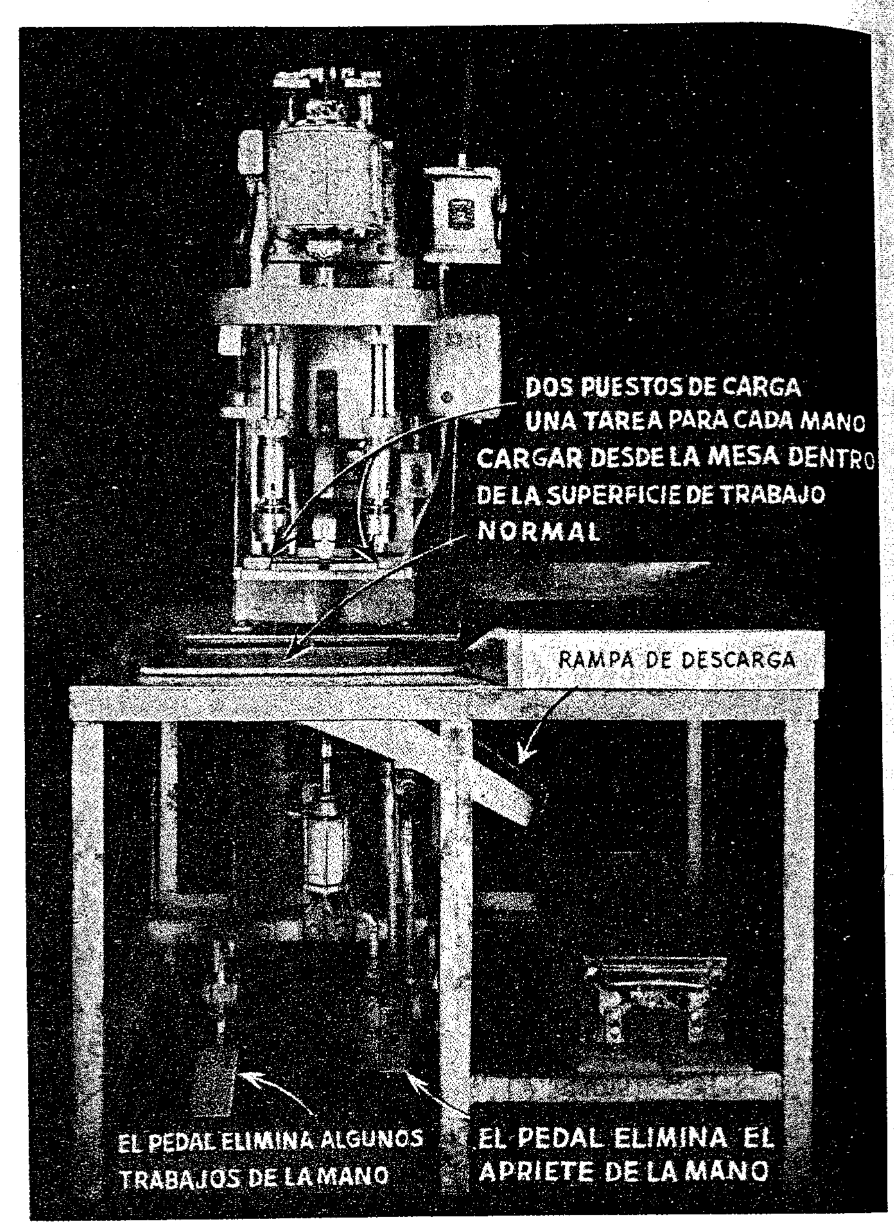


FIG. 180.—Máquina para el repasado de roscas. Producción, 1.100 por hora.

requieren un esfuerzo pequeño. Ofrecen un ejemplo del primer grupo las máquinas planchadoras de trajes y ciertas punzonadoras y cizallas accionadas por el pie. Al segundo grupo pertenecen los de disparo en las punzonadoras mecánicas, los de control de las máquinas de coser eléctricas y los pedales mostrados en las figuras 176 y 177.

Especialmente los pedales del primer grupo deben ser lo suficientemente anchos para que cualquiera de ambos pies los pueda accionar; algunos de ellos incluso están colocados a través de todo el frente de la máquina. También se ha de proyectar el pedal de forma que el pie pueda soportar parte del peso del cuerpo. Los pedales mal dispuestos, como el representado en la figura 181, tienden a poner todo el peso del cuerpo sobre un pie, obligando a aquel a adoptar una posición anormal y provocando en el operario tensión y fatiga excesivas (2).

Estudio de cinco tipos de pedales.—La figura 182 muestra los resultados de un estudio (3) llevado a cabo para determinar la eficiencia relativa de cinco tipos diferentes de pedales. Cada pedal se presionaba contra un muelle en tensión que requería 0,2305 Kgm. para un golpe completo. Por ejemplo, el pedal 1 tenía el fulcro bajo el talón, y la parte del pie posterior a los dedos se movía a través de una distancia de 5,08 cm, contra una resistencia de 4,53 Kg. Se hicieron funcionar todos los pedales, como si fueran del tipo de disparo empleado para accionar punzonadoras, esto es, lo más rápidamente posible y se midió el tiempo de cada golpe de pedal por medio de un *cinógrafo*. Los resultados del estudio (véase Fig. 182) muestran que el operario del pedal 1 consiguió el mínimo de tiempo, mientras el pedal 4 requirió el máximo: un 34 por 100 más que el pedal 1.



FIG. 181.—Pedal mal diseñado.

19. Siempre que sea posible, deben combinarse dos o más herramientas.

Generalmente es más rápido darle la vuelta a una herramienta de dos extremidades que dejar una herramienta y coger otra. Hay muchos ejemplos de combinaciones de dos herramientas: martillo y ex-

(2) L. A. LEGROS y H. C. WESTON: "On the Design of Machinery in Relation to the Operator", Industrial Fatigue Research Board, *Informe* 36, pág. 13. La figura 181 ha sido reproducida con permiso del interventor de la H. M. Stationery Office, Londres.

(3) RALPH M. BARNES, HENRY HARDAWAY y ODIF PODOLSKY: "Which Pedal is Best?", *Factory Management and Maintenance*, vol. C, núm. 1, pág. 98.

tractor de clavos, llaves de dos extremos, lápiz y goma. Incluso el proyectista del aparato telefónico utilizó esta idea al incluir transmisor y receptor en una sola unidad.

	Pedal nº 1	Pedal nº 2	Pedal nº 3	Pedal nº 4	Pedal nº 5
Golpes por minuto	187	178	176	140	171
	Necesita un tiempo mínimo por golpe.	Necesita 5% más de tiempo por golpe que el nº 1	Necesita 6% más de tiempo por golpe que el nº 1	Necesita 34% más de tiempo por golpe que el nº 1	Necesita 9% más de tiempo por golpe que el nº 1

FIG. 182.—Resultados de un estudio de cinco tipos de pedales.

En las figuras 183 y 184 se muestran dos herramientas muy interesantes, ideadas por una Compañía de equipo eléctrico de los Estados

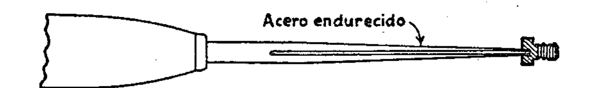


FIG. 183.—Combinación de destornillador y pinzas.

Unidos. La primera sustituye a destornillador y pinzas, ya que sostiene el tornillo mientras se monta. La segunda herramienta reemplaza a una llave y un destornillador. Este dispositivo permite instalar el perno en

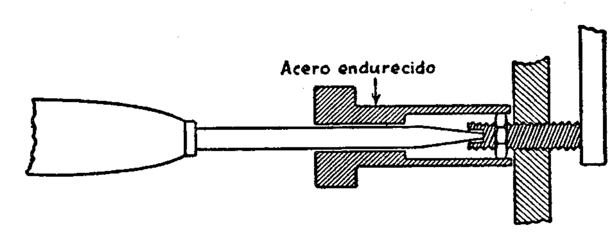


FIG. 184.—Combinación de destornillador y llave.

la posición debida y, a la vez, sujetar la tuerca por medio de la llave, que se desliza sobre el destornillador.

Es tan común la práctica de utilizar solo el pulgar y los dedos índice y medio, que se ha de llamar la atención sobre ello y recomendar que se utilicen igualmente el anular y el meñique, además de la palma de la mano, siempre que sea posible. Por ejemplo, la combinación destornillador y llave de la figura 184 permite el uso de toda la mano. El pulgar, el índice y el medio manipulan la llave, mientras la palma, el anular y el meñique manipulan el destornillador.

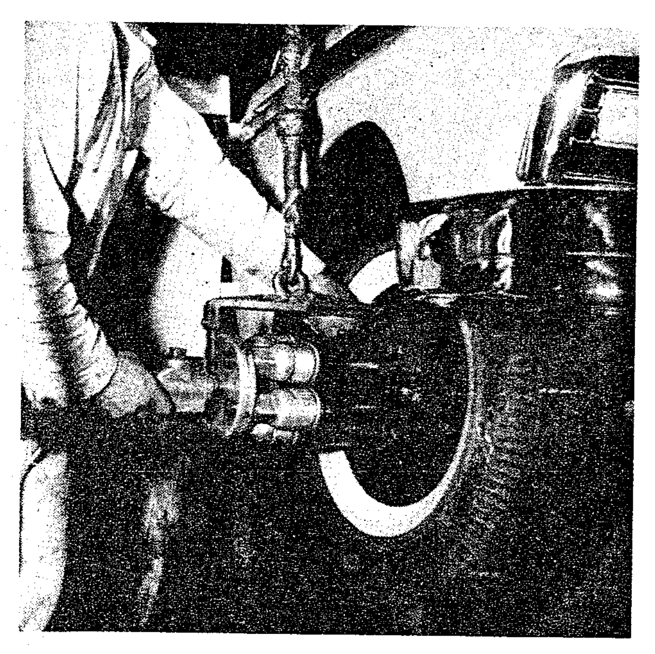


FIG. 185.—Un aprietatuercas múltiple, accionado por aire comprimido, puede apretar a la vez las cinco tuercas de una rueda de automóvil

El aprietatuercas múltiple por aire comprimido que se ve en la figura 185 se emplea para apretar a la vez las cinco tuercas de la rueda (4). La herramienta queda suspendida de un cable en posición conveniente, para que el trabajo sea más fácil.

20. Siempre que sea posible deben dejarse previamente en posición las herramientas y los materiales.

Se entiende por dejar en posición un objeto, situarlo en un lugar determinado previamente, en forma tal que, cuando se le necesite des-

(4) Sala de montaje en San José, de la Ford Motor Company.

pués, pueda ser cogido en la posición en que ha de ser utilizado. Para dejar en posición las herramientas se puede instalar un apoyo en forma de casquillo, compartimiento, garfio o colgador, dentro de o por medio del cual se puedan devolver las herramientas, después de utilizadas, al lugar donde permanecen en posición para la operación siguiente (Figura 186). La herramienta se devuelve siempre al mismo sitio. El soporte debe ser tal que permita dejar rápidamente la herramienta en su lugar desde la mano y cogerla de la misma forma en que se haya de sostener durante su utilización. El ejemplo más conocido de dejar en posición es el de la pluma estilográfica en su apoyo de escritorio, en el cual permanece en posición mientras no se utiliza y en el que puede cogerse o dejarse fácil y rápidamente.

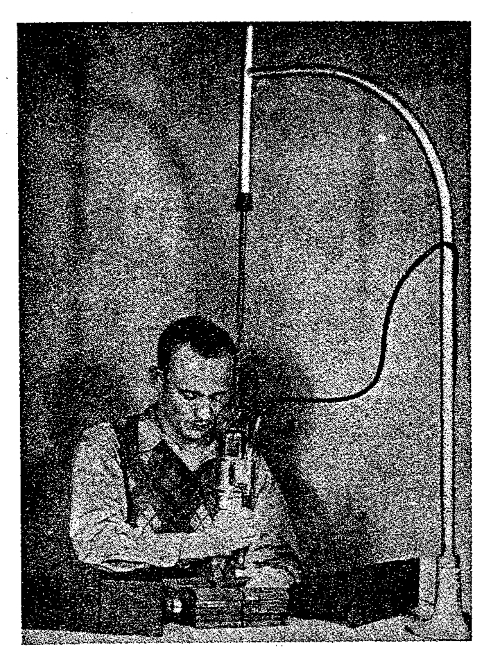


FIG. 186.—Llave de accionamiento eléctrico.

21. Cuando cada dedo realiza un movimiento específico, como escribiendo a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo con las capacidades inherentes a los dedos.

La persona normal diestra ejecuta el trabajo con menor fatiga y mayor destreza cuando lo hace con la mano derecha que cuando utiliza la izquierda. Aunque a la mayoría de la gente se le puede enseñar a trabajar igualmente bien con una u otra mano, en la mayor parte de las operaciones de la fábrica, los dedos tienen diferente capacidad para el trabajo. Por lo general, la capacidad de los dedos índice y medio de ambas manos es superior a la de los dedos anular y meñique.

Disposición de las teclas en una máquina de escribir.—Esta diferencia en las capacidades de los dedos queda expresada también en un estudio (5) realizado para determinar la distribución ideal del teclado de una máquina de escribir, con el fin de llegar a obtener el rendimiento máximo (Fig. 187).

La parte del estudio que interesa más aquí demuestra que la habilidad de la mano derecha, comparada con la de la izquierda, es de 100 a 88,87 o, aproximadamente, de 10 a 9. Esto concuerda con los resultados de otro investigador citado anteriormente (6). Los datos de la tabla XIII muestran la carga ideal de pulsaciones, basada en la capacidad de los dedos. Con fines comparativos, se muestran las cargas de los dedos en el teclado actual.

TABLA XIII.—CARGAS RELATIVAS DE LOS DEDOS EN EL TECLADO "IDEAL" Y EN EL ACTUAL

	Mano izquierda				Mano derecha			
Dedo	4	3	2	1	1	2	3	4
Carga ideal	855	900	975	1.028	1.097	1.096	991	968
Carga en el teclado actual	803	658	1.492	1.535	1.490	640	996	296

(5) R. E. HOKE: "Improvement of Speed and Accuracy in Typewriting", *John Hopkins Studies in Education*, núm. 7, págs. 1-42.

(6) WM. L. BRYAN: "On the Development of Voluntary Motor Ability", *American Journal of Psychology*, vol. V, núm. 2, pág. 123.

Estos datos muestran que el índice y el dedo medio de la mano derecha deberían soportar la mayor parte de la carga, mientras que al meñique de la mano izquierda correspondería la más pequeña. Muestran también que la carga total de la mano derecha, utilizando el teclado actual, es 3.422, y la de la mano izquierda, 4.488, o sea una rela-

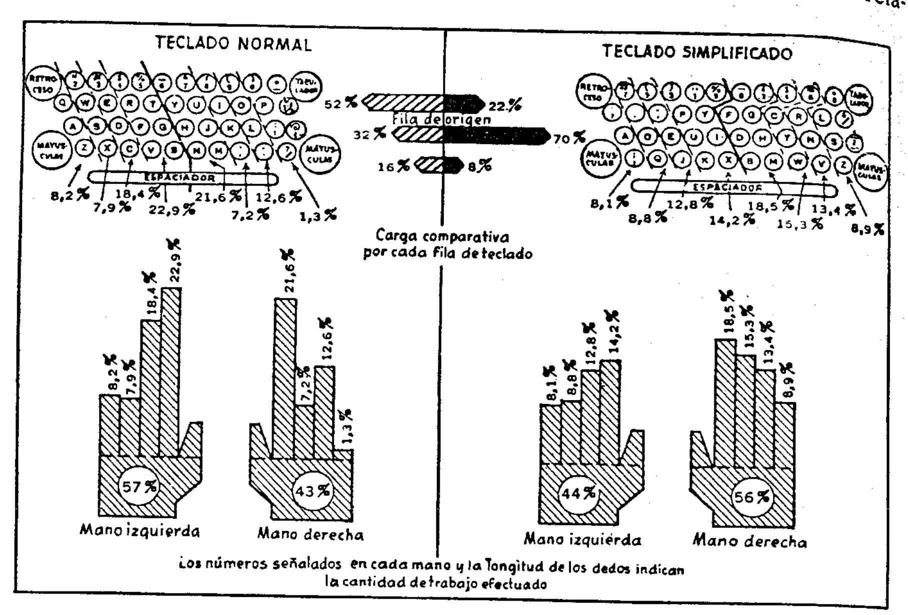


FIG. 187.—Comparación del teclado de la máquina de escribir actual con un teclado nuevo simplificado. Los números indican las cargas relativas por fila, mano y dedo. En el nuevo teclado, a la derecha, las letras se disponen de forma que la mano derecha realiza más trabajo que la izquierda. El 60 por 100 de las palabras utilizadas comúnmente se escriben en la "fila de origen" o zona central en que los dedos se sitúan naturalmente.

ción de 100 a 131,25, cuando debiera ser 100 a 88,87. Por consiguiente, hay una sobrecarga de la mano izquierda de 47,7 por 100, comparada con la mano derecha.

Del análisis de los datos obtenidos mediante esta investigación nació la idea de distribuir las teclas de la máquina de escribir de forma que las letras más frecuentemente utilizadas se pulsaran con los dedos capaces de soportar las cargas mayores. En efecto, muchos investigadores de este campo han sugerido teclados nuevos. El mostrado a la derecha de la figura 187 es el teclado simplificado de Dvorak-Dealey (7),

(7) A. DVORAK, N. I. MERRICK, W. L. DEALEY y G. C. FORD: *Typewriting Behavior*, pág. 219, American Book Co., Nueva York; utilizado con su permiso.

probado durante una serie de años en la Universidad de Washington. Las investigaciones llevadas a cabo merced a la subvención de la Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching (Fundación Carnegie para el progreso de la enseñanza), parecen indicar que el teclado simplificado elimina muchos de los defectos del teclado universal y que es:

1. Más fácil de dominar, puesto que se necesita un tiempo menor para llegar a un nivel determinado de velocidad de escritura.
2. Más rápido, porque el mecanógrafo medio obtiene velocidades superiores.
3. Más exacto, puesto que se cometen menos errores.
4. Menos cansado, porque simplifica el diseño de las pulsaciones y adapta las cargas de la mano y dedos a sus capacidades relativas (8).

A pesar de las ventajas que hemos reseñado, hay dos problemas de tipo práctico que, al parecer, han impedido un amplio uso del teclado simplificado hasta ahora. En primer lugar, las máquinas de escribir con teclado simplificado no son, por lo general, utilizadas en oficinas y escuelas, por lo que nadie se decide a aprender el manejo de un teclado que no es de empleo general. En segundo lugar, las pruebas realizadas (9) parecen demostrar que no resulta económico que mecanógrafos ya experimentados se adiestren para emplear el teclado simplificado. El uso general de este teclado simplificado, básicamente superior, habrá de esperar hasta que se resuelvan estos problemas.

22. Las palancas, manivelas y volantes deben situarse de forma que el operario pueda manejarlos con un cambio mínimo en la posición del cuerpo y las mayores ventajas mecánicas.

Algunos fabricantes de máquinas-herramientas comprenden que es posible construir una máquina que realice satisfactoriamente sus funciones y, a la vez, sea fácil de manejar.

A menos que la máquina sea completamente automática, la cantidad de trabajo que puede realizar depende, hasta cierto punto, de la actuación del operario. Cuanto más fácil sea el manejo de la máquina, mayor será, probablemente, la producción.

(8) DWIGHT D. W. DAVIS, "An Evaluation of the Simplified Typewriter Keyboard", *Journal of Business Education*, vol. 11, núm. 2, pág. 21, octubre 1935; A. DVORAK, "There Is a Better Typewriter Keyboard", *National Business Education Quarterly*, vol. 12, núm. 2, págs. 51-58, diciembre 1943.

(9) EARL P. STRONG: *A Comparative experiment in Simplified Keyboard Retraining and Standard Keyboard Supplementary Training*, General Services Administration, Washington, D. C., 1956.

Por ejemplo, la Gisholt Machine Company ha incorporado un selector de velocidades a sus tornos revólveres universales. Con este dispositivo, el operario puede obtener rápidamente cualquiera de las velocidades de husillo disponibles. Su funcionamiento es automático, por lo que el operario sólo tiene que marcar una posición en una esfera

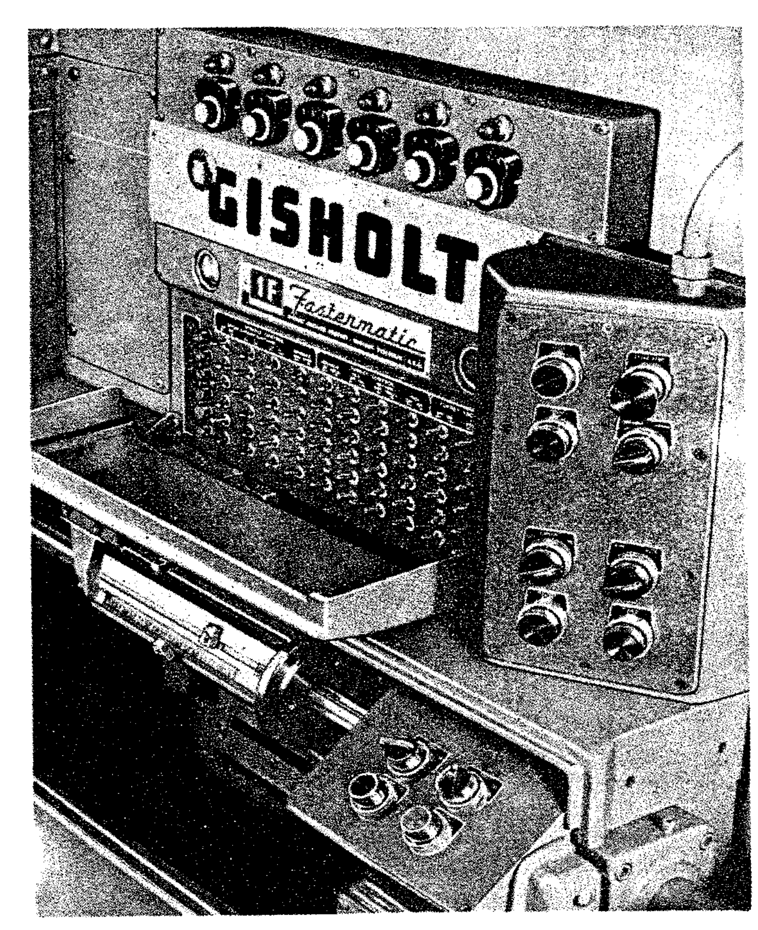


FIG. 188.—Panel de mandos manual y automático de un torno al aire. Todos los mandos están situados frente al cabezal, de manera que todas las operaciones de mecanizado puedan observarse y controlarse fácilmente desde la posición normal de trabajo.

y la máquina hace el cambio automáticamente para dar la velocidad correcta. La figura 188 muestra el panel de mandos manual y automático de un torno al aire automático Gisholt.

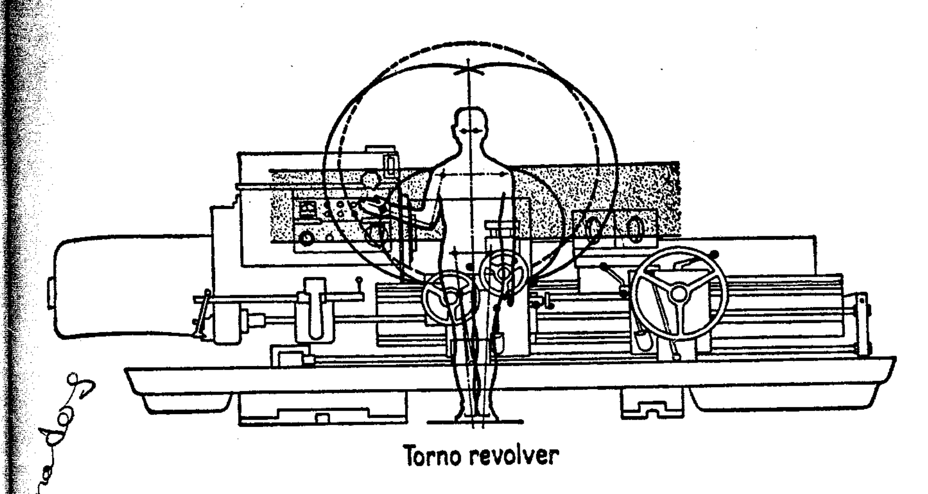


FIG. 189.—Los mandos del torno revólver están agrupados dentro de la zona normal de trabajo. El operario alcanza fácilmente el panel principal de mandos con la mano izquierda. (De "Designing the Product to Suit Human Dimensions", de ROBERT H. HOSE, *Product Engineering*, vol. 26, núm. 9, pág. 171.)

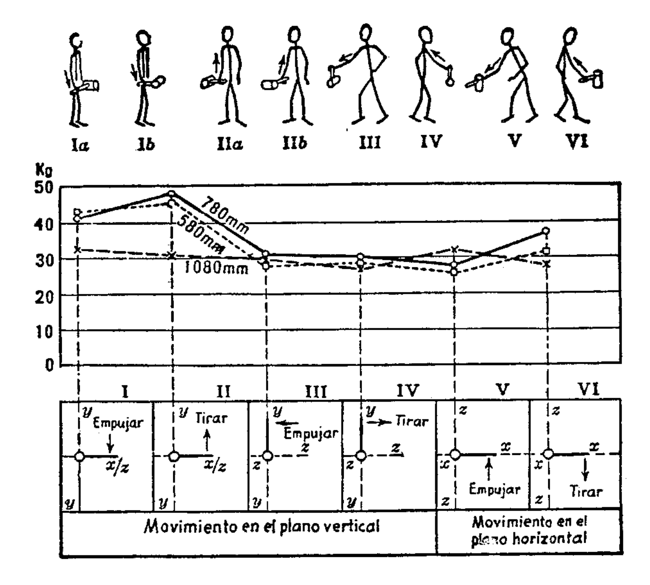
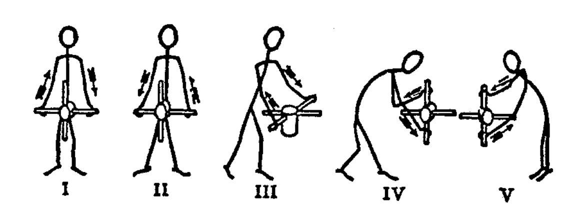


FIG. 190.—Resultados del estudio de palancas.

No debe ser necesario que el operario deje su posición normal de trabajo para manejar la máquina. Las palancas deben estar situadas de forma que no se vea precisado a retorcer o doblar el cuerpo en



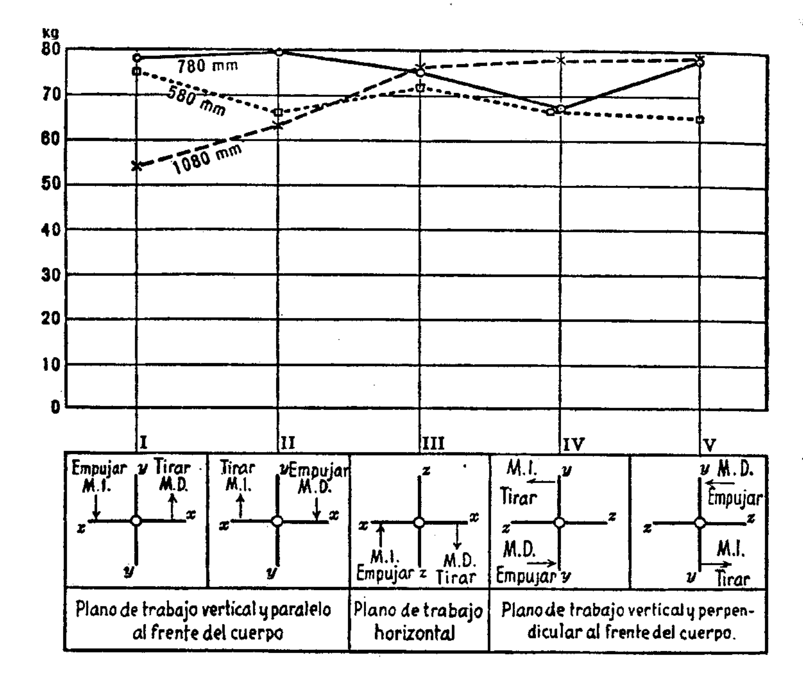


FIG. 191.—Resultados del estudio de manivelas.

forma incómoda para manejarlas (Fig. 189). Cuando no se puede conseguir esta condición ideal debe adoptarse la que más se le aproxime.

Se sabe perfectamente que las palancas pueden manejarse más eficazmente cuando están en ciertas posiciones y alturas (10). Se ha llevado a cabo un estudio minucioso para determinar la efectividad de palancas, manivelas y volantes situados en planos horizontales y verticales a tres alturas diferentes del suelo (11). Se colocaron estos dis-

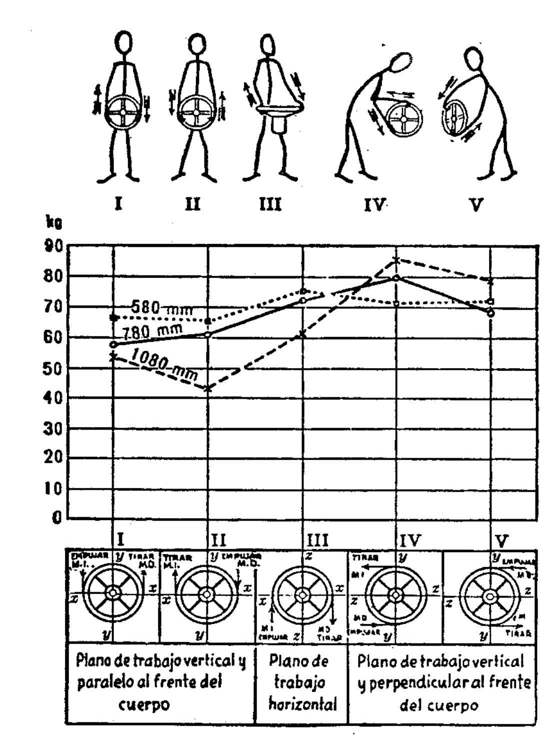


FIG. 192.—Resultados del estudio de volantes.

positivos de forma que un dinamómetro indicara la fuerza ejercida al empujar y tirar, en kilogramos. El objeto de estas pruebas era determinar la fuerza máxima que se podía ejercer en cada caso. Cada uno de

(10) A. CHAPANIS, W. R. GARNER y C. T. MORGAN: *Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1949; *Handbook of Human Engineering Data*, 2.ª ed., Tufts College Institute for Applied Experimental Psychology, 1951; WESLEY E. WOODSON: *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, University of California Press, Berkeley 1954. L. E. DAVIS: "Human Factors in Design of Manual Machine Controls", *Mechanical Engineering*, vol. LXXI, págs. 811-816.

(11) W. P. KÜHNE: "Studien zur optimalen Kraftreaktion an Maschinenbedienungselementen" (Estudios sobre la fuerza óptima ejercida en los mandos de las máquinas), *Industrielle Psychotechnik*, vol. III, núm. 6, págs. 167-172.

los tres dispositivos se ensayó en las posiciones mostradas en las figuras 190, 191 y 192.

La escala vertical representa la fuerza, en kilogramos, ejercida por el sujeto, y la escala horizontal muestra la posición particular del dispositivo sometido a prueba. Las tres series de curvas en cada diagrama representan las tres alturas diferentes a las que se probaron los dispositivos; esto es, 580 mm, 780 mm y 1.080 mm. Por ejemplo, en la figura 190, la palanca resultó más eficiente a la altura de 780 mm sobre el suelo y posición II en la escala horizontal, que corresponde al caso en que la palanca estaba horizontal y el operario tiraba de ella.

El volante resultó de mayor eficacia cuando se le colocó a una altura de 1.080 mm y en un plano vertical, posición IV de la figura 192. El operario, en pie a un lado de la rueda, empujaba con la mano derecha y tiraba con la izquierda.

CAPITULO XX

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS, MECANIZACION Y AUTOMATIZACION

En el transcurso de los siglos, el hombre ha ido encontrando métodos mejores y más fáciles para producir los bienes y servicios que necesita y desea. Primitivamente, el trabajo se componía de actividades realizadas con las manos solas; después se idearon herramientas sencillas y, posteriormente, máquinas movidas por algún tipo de energía. En la actualidad, las instalaciones automáticas hacen que sea posible liberar al hombre de la carga del trabajo manual y transferir esta a la máquina. Hemos visto, ciertamente, que un aumento de la productividad por hombre-hora ha sido el factor de mayor importancia en la elevación de nuestro nivel de vida. Pocos defienden hoy el empleo del trabajo humano en labores que las máquinas pueden realizar con más perfección y baratura. Sin embargo, aún está lejano el día en que el trabajo manual desaparezca por completo de la industria. Algunas actividades resultan demasiado complejas para ser mecanizadas, y por ello se continúa haciéndolas a mano, y otras se presentan con tan poca frecuencia que no resulta económico el empleo de máquinas. Además existen otros factores que pueden influir sobre la extensión en que debe emplearse la mecanización en una situación determinada, factores tales como calidad, rendimiento, utilización del material, seguridad, disponibilidad de obreros calificados, disponibilidad de capitales y vida probable del producto.

Puesto que la aplicación de los principios de economía de movimientos requiere generalmente inversiones muy pequeñas de capital y un coste mínimo de estudio, se considera conveniente, como base para la evaluación de cualquier procedimiento mecanizado o automatizado que se proponga, desarrollar el mejor método manual o la mejor combinación de métodos manuales y mecánicos. Cierta empresa ha adoptado la política de determinar y evaluar ambos métodos. Si se trata de una operación muy compleja y de gran volumen, se hace una comparación entre el coste estimado de realizar cada elemento o cada suboperación, tanto manual como automáticamente. Por ejemplo, en una operación de troquelado, el material puede colocarse a mano o automáticamente, la máquina puede ser de accionamiento manual o automático y las piezas terminadas pueden cogerse a mano o ser expulsadas automáticamente. Hay que comparar el coste de instalación y mante-

nimiento de cada uno de los componentes automáticos con los costes relativos al método manual, pero empleando como base para la comparación un método manual eficaz.

En el caso hipotético de la figura 193, la operación consta de tres elementos, cada uno de los cuales puede realizarse a mano o automáticamente. Hay ocho combinaciones posibles, para cada una de las cuales deberá estimarse el coste. A igualdad de las demás circunstancias, deberá recomendarse la combinación de mínimo coste.

Combinación	*Elementos de la operación*		
	1	2	3
A	Manual	Manual	Manual
B	Automático	Manual	Manual
C	Automático	Automático	Manual
D	Automático	Manual	Automático
E	Manual	Automático	Manual
F	Manual	Manual	Automático
G	Manual	Automático	Automático
H	Automático	Automático	Automático

FIG. 193.—Ocho combinaciones posibles de ejecución manual y automática de una operación que consta de tres elementos.

Los dos primeros casos que se describen en este capítulo muestran en qué medida queda afectada la producción por hombre-hora cuando se efectúan cambios en el método, desde la operación puramente manual, pasando por la mecanización parcial, hasta la producción completamente automática. En el tercer caso, referente a la manipulación en el almacén de productos terminados, el coste de la bandeja fue un factor adicional que afectó al coste total de manipulación.

CLASIFICACION Y ENVASE DE HUEVOS PARA SU DISTRIBUCION

Como resultado de un cuidadoso estudio del método de inspección al trasluz, clasificación por tamaños y envase de huevos para su distribución, la Michel Brothers Egg Company (1) consiguió un importante aumento en la producción y una disminución de los costes de mano

(1) Santa Mónica, California.

de obra. La operación constaba fundamentalmente de tres partes: 1) Inspección al trasluz, determinación de la calidad. 2) Clasificación por tamaños, determinación del peso; y 3) Envase en cajas de cartón. Según el método original, el operario cogía dos huevos en cada mano y los exponía, uno a uno, a la luz de un potente foco. Examinaba el aspecto exterior de los huevos (color, textura y espesor de la cáscara) y la calidad interior (tamaño y movilidad de la yema, tamaño y posición de la bolsa de aire y otras características que indican la calidad del huevo) y después lo colocaba en la caja adecuada, situada sobre su puesto de trabajo. En esta empresa se clasificaban los huevos en ocho grados diferentes de calidad y siete tamaños distintos.

En los métodos se introdujeron tres cambios importantes.

Primera mejora del método.—La primera mejora se hizo aplicando a la tarea los principios de economía de movimientos. Una banda transportadora de poca longitud, cuyo motor se accionaba por un conmutador de pedal, llevaba los huevos que debían ser inspeccionados hasta una posición conveniente para la operaria. Encima del transportador se colocaron estanterías semicirculares a distintas alturas, con el fin de facilitar el envase de los huevos según calidades y tamaños, y una lámpara especial refrigerada por aire contribuyó a la eficacia de la instalación. Como resultado de estas mejoras, la producción aumentó en un 20 por 100 aproximadamente.

Segunda mejora del método: Mecanización de la clasificación por tamaños y del envase.—Con objeto de seguir aumentando la productividad, se instaló una máquina (2) que hacía automáticamente dos de las tres partes de la tarea. La operaria y la máquina trabajaban simultáneamente, de la manera siguiente: la operaria, situada ante la máquina, observaba al trasluz los huevos, aproximadamente como en el primer método mejorado. Sin embargo, tomaba los huevos directamente de las cajas recibidas del avicultor y los colocaba frente a la lámpara, como en el método primitivo, clasificándolos según calidad y colocándolos después sobre uno de los ocho pequeños transportadores situados frente a ella, uno para cada grado de calidad. A continuación, la máquina seguía el proceso, convirtiéndolo en automático. Cada huevo era pesado automáticamente, marcado en clave con tinta invisible y, por medio de dispositivos electrónicos de control y memoria, transportado a uno de los 22 puestos de envase situados sobre la máquina, quedando colocado en la caja adecuada. Una vez llena la caja con una docena, se cerraba la tapa, se precintaba y marcaba en clave y se trans-

(2) Diseñada y construida por la Food Machinery and Chemical Corporation de Riverside, California.

portaba hasta la operaria, quien la colocaba dentro de otra caja mayor, que otro transportador se encargaba de conducir al lugar de almacenamiento. Seis operarias ocupadas en inspeccionar los huevos, dos operarias atendiendo la máquina y una encargada del grupo eran capaces de manipular unas 1.620 docenas por hora, es decir, la producción de doce operarias utilizando el método anterior.

Tercera mejora del método: Mecanización de la inspección, de la clasificación por tamaños y del envase.— Recientemente, se introdujeron nuevos cambios en el proceso que aumentaron el rendimiento y, además, mejoraron la calidad y uniformidad de los huevos. En primer lugar se estableció un plan de bonificaciones, en forma de precios más altos, para los granjeros que alcanzaran una calidad tipo determinada, para lo cual se les pide que prescindan de aquellas gallinas que produzcan huevos de calidad inferior, generalmente las viejas. Durante la semana se examinan, al azar, muestras de los huevos entregados por cada uno de los granjeros y se fija el "nivel de calidad" de acuerdo con los datos registrados. Este nivel rige para la semana siguiente.

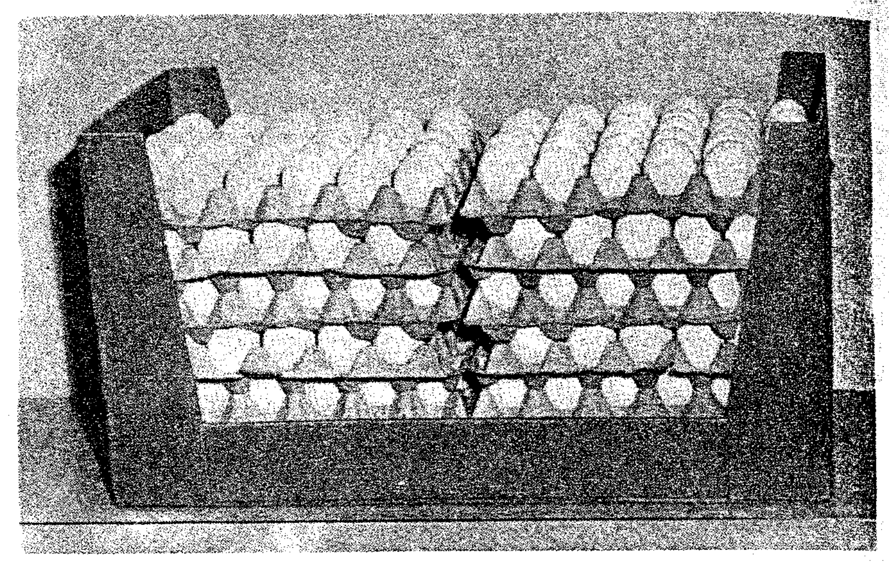


FIG. 194.—Nuevo tipo de envase para huevos. Esta caja de cartón especial contiene 12 bandejas, con 30 huevos cada una. La forma de la caja facilita la circulación del aire, permitiendo que los huevos se refrigeren con mayor rapidez en la cámara frigorífica de la granja, y, además, la manipulación de las bandejas en cualquier fase del proceso.

El proceso es el siguiente. El granjero recoje los huevos y los coloca directamente en bandejas especiales, que contienen 30 huevos, y

éstas, a su vez, en cajas de 30 docenas de capacidad (Fig. 194). Las cajas se guardan en un frigorífico hasta que las recoge un camión que las lleva a la central, donde pasan a otra cámara frigorífica. Las cajas que proceden de cada granjero se colocan separadas. Cuando los huevos van a inspeccionarse, las cajas se transportan hasta la máquina (3) (Figura 195), donde un obrero coloca las bandejas sobre un transportador que las distribuye automáticamente sobre una cinta transportadora. Los huevos son lavados y secados automáticamente, pasando después a un banco provisto de seis lámparas de 1.000 watios, donde un operario examina los huevos a medida que pasan y separa todos aquellos que presentan fisuras o manchas que no han sido eliminadas durante el lavado.

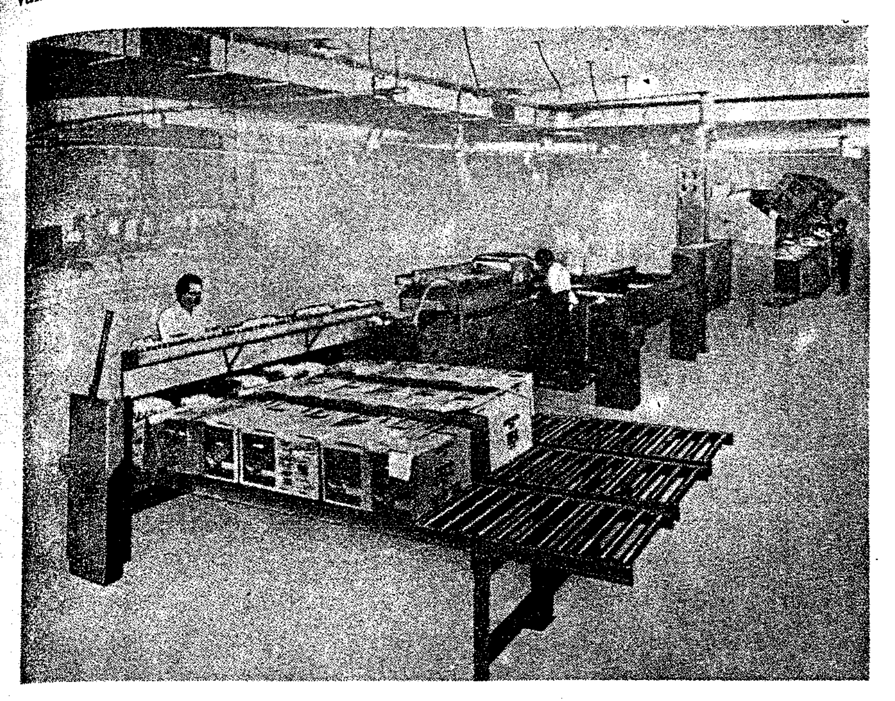


FIG. 195.—Instalación mecanizada. Las bandejas, conteniendo 30 huevos cada una, pasan de las cajas al transportador. El operario separa los huevos que presenten fisuras y manchas a medida que pasan ante un banco con focos luminosos. Los huevos caen en cajas que se cierran, sellan y fechan automáticamente.

Seguidamente, cada huevo se pesa automáticamente y se clasifica en uno de los seis tamaños siguientes: gigante, extra-grande, grande,

(3) *Ibídem.*

medio, pequeño y enano. Los huevos pasan después a un detector de sangre, que desecha todo aquel que presente el menor indicio. Los huevos de calidad aceptable caen automáticamente desde la cinta transportadora a una caja de cartón adecuada, siendo automáticas las ope-

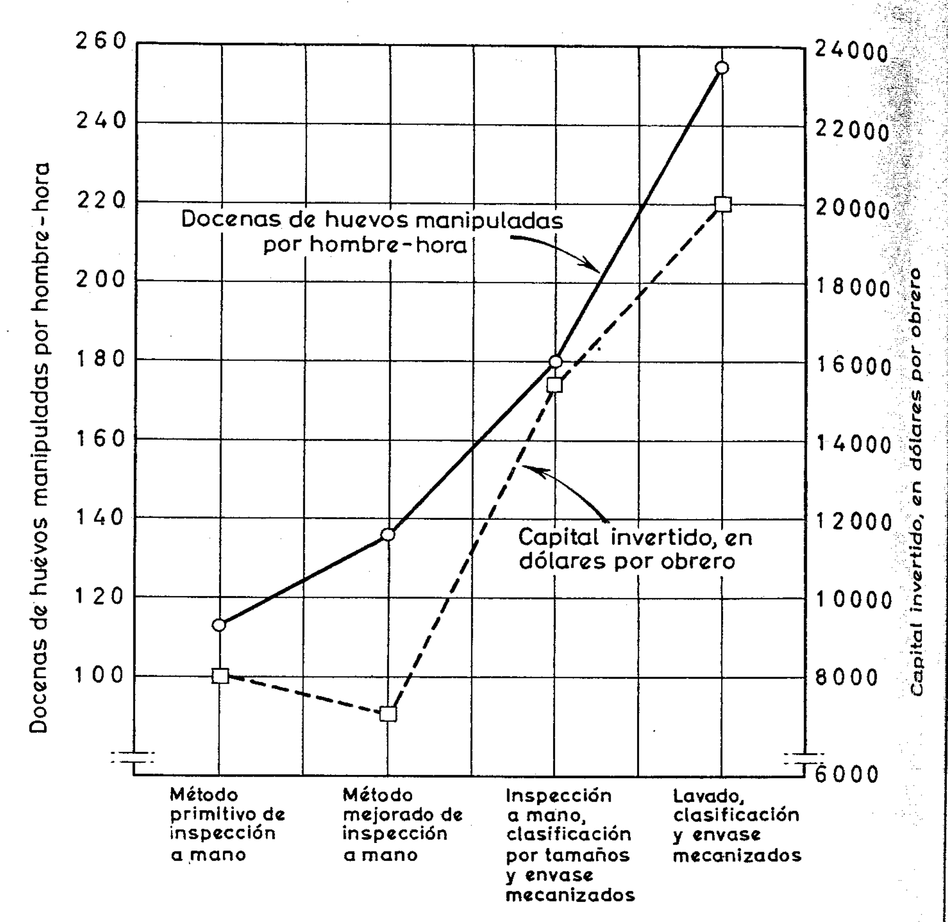


FIG. 196.—Curvas que indican el número de docenas de huevos manipuladas por hombre-hora, y el capital invertido en instalaciones, expresado en dólares por obrero, para cada uno de los cuatro métodos distintos de manipular y envasar huevos.

raciones de cierre, sellado y fechado de las cajas llenas. A continuación, un transportador lleva estas hasta el operario, que las coloca en una cesta rectangular de alambre, capaz de contener 15 docenas. La cinta transportadora traslada las cestas al frigorífico, y allí permanecen

hasta que son enviadas a las tiendas, donde se las coloca directamente en un recipiente refrigerado, lo que elimina una operación de manipulación. Un equipo compuesto de un cargador, un escrutador y tres embaladores, juntamente con un inspector y un encargado, puede manipular por hora unas 1.800 docenas de huevos.

Las curvas de la figura 196 muestran que el "número de docenas de huevos manipuladas por hombre-hora" aumentó desde 112, en el método primitivo, a 257 en el último método. Sin embargo, el "capital total invertido en edificios e instalaciones por obrero" aumentó desde 6.667 dólares en la primera mejora de método a 20.000 dólares en el

Capital invertido en edificios e instalaciones: Cuatro métodos distintos de clasificación y envase de huevos para su distribución

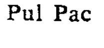
METODO	Obreros empleados	Docenas de huevos manipuladas		Capital invertido en edificios e instalaciones (dólares)		
		Por hora	Por hombre-hora	Total	Por obrero	Por docenas de huevos manipuladas por hora
1. Método primitivo de inspección a mano ...	10	1.120	112	80.000	8.000	70
2. Método mejorado de inspección a mano ..	12	1.620	135	80.000	6.667	41
3. Inspección a mano, clasificación por tamaños y envase mecanizados	9	1.620	180	140.000	15.555	86
4. Lavado, clasificación y envase mecanizados ...	7	1.800	257	140.000	20.000	78

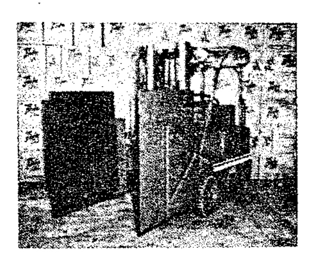
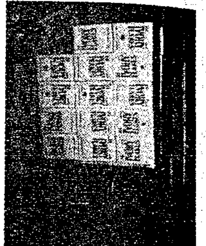
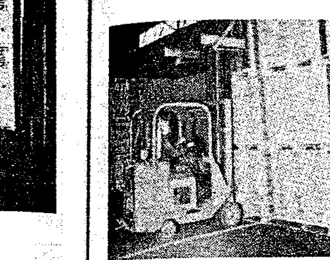
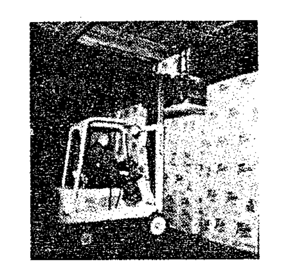
método actual. Casi siempre se llega al problema de determinar el coste unitario de la mano de obra y el capital a invertir, para decidir cuál es el método preferible. En este caso, cada progreso en la mecanización reduce el coste unitario de la mano de obra, así como el coste total del proceso. Además, el método actual proporciona mayor calidad y uniformidad del producto y permite pagar al granjero un precio más elevado por docena de huevos de alta calidad, calidad que este sabe ahora cómo conseguir.

Nuevo modelo de envase.—La caja de cartón especial (Fig. 194) consta de una pieza inferior en forma de bandeja de carga, provista de aberturas en cada extremo que facilitan su asimiento y elevación, y con los costados mayores recortados para que no estorben en la maniobra de carga y descarga. La pieza superior se monta telescópicamente y tiene también aberturas en los extremos que coinciden con las de la pieza

	MÉTODO				
	I	II	III	IV	V
Breve descripción del método empleado.	Método primitivo. Inspección de carretes colocados en montones sobre la mesa de trabajo.	Mejora en la disposición del puesto de trabajo. El empleo de dos focos luminosos hace innecesario girar los carretes para inspeccionar sus extremos	Nuevo diseño del carrete, con sus extremos idénticos. El empleo de dos calibres elimina la inspección visual de los carretes.	Un depósito vibrante suministra mecánicamente los carretes a los cuatro calibres eliminando la alimentación a mano y la inspección visual	De manera análoga, las piezas defectuosas podrían retirarse de los calibres por medios mecánicos, haciendo así completamente automática la operación
Equipo empleado.	Mesa de trabajo de tipo corriente.	Mesa especial de trabajo.	Mesa especial de trabajo. Tolvas practicadas en la mesa llevan los carretes a los calibres.	Banda transportadora, depósito vibrante de alimentación mecánica, cuatro calibres	Equipo completamente automático.
Método de suministro de carretes.	Los carretes a inspeccionar están en un recipiente metálico situado en el suelo, al lado de la mesa de trabajo.	Los carretes a inspeccionar llegan al puesto de trabajo desde una tolva situada en la parte posterior de la mesa.	Los carretes a inspeccionar llegan al puesto de trabajo desde una tolva situada en la parte posterior. (La tolva no está representada en el dibujo.)	Los carretes a inspeccionar son conducidos por un transportador de banda, desde la operación anterior al alimentador vibrante.	Los carretes a inspeccionar son conducidos por un transportador de banda, desde la operación anterior al alimentador vibrante
Situación de la fuente luminosa utilizada para la inspección.	Lámpara ordinaria sobre la mesa de trabajo.	Dos lámparas situadas en determinados puntos de la mesa.	Alumbrado general.	Alumbrado general	Alumbrado general.
Método de inspección.	Se verifican los carretes inspeccionando uno de sus extremos y girándolos 180° para la verificación del otro.	Las dos fuentes luminosas hacen innecesario el giro del carrete para la verificación de sus extremos.	No hay inspección visual. Los carretes buenos pasan por los calibres; los defectuosos no pasan y son retirados por el operario.	No hay inspección visual. Los carretes buenos pasan por los calibres; los defectuosos no pasan y son retirados por el operario.	No hay inspección visual. Los carretes buenos pasan por los calibres; los defectuosos no pasan y son retirados por medios mecánicos.
Retirada de los carretes buenos.	Se colocan ordenadamente en una bandeja a la derecha del operario.	Se colocan ordenadamente en una bandeja a la derecha del operario.	Los carretes buenos pasan desde el calibre a una bandeja situada debajo de la mesa. Siendo idénticos ambos extremos de los carretes, no hace falta colocarlos en orden.	Los carretes buenos pasan desde el calibre a una canaleta y de ésta a una bandeja.	Los carretes buenos son conducidos directamente por un transportador a la operación siguiente.
Retirada de los carretes rechazados.	Los rechazos se colocan en una de las seis bandejas, situadas en la parte posterior de la mesa, correspondientes a las seis clases diferentes de rechazos.	Los rechazos se dejan caer por una de las cuatro aberturas en la parte izquierda de la mesa, correspondientes a las cuatro clases diferentes de rechazos.	El operario deja las piezas defectuosas en las aberturas situadas a ambos lados del puesto de trabajo.	El operario deja las piezas defectuosas en una abertura situada en el centro de la zona de trabajo.	La piezas defectuosas caen por una canaleta, mediante un dispositivo mecánico
Aumento de producción horaria del operario, con respecto al método anterior.	Método original.	100 % del método **I**.	108 % del método **II**.	125 % del método **III**	Instalación automática; no necesita operario. Una persona podrá atender varias unidades. Cada batería de máquinas requiere un obrero de entretenimiento.

FIG. 197.—Resumen de cinco métodos de inspeccionar carretes metálicos.



METODO	Carretilla de mano	Elevadora de horquilla	Pul Pac	Con abrazadera de carga
			 	
HOMBRES NECESARIOS				
En operaciones manuales	35,3	16,5	16,5	16,5
Conductores de carretillas	0	6,2	6,8	6,3
Total	35,3	22,7	23,3	22,8
EQUIPO				
INVERSIONES				
Carretillas de mano ((36)	7.200 $	—	—	—
Carretillas elevadoras (7)	—	28.000 $	38.500 $	38.500 $
Bandejas (11.000)	—	49.500	*	—
	7.200 $	77.500 $	38.500 $	38.500 $

COSTE	Carretilla de mano Año	Carretilla de mano Caja	Elevadora de horquilla Año	Elevadora de horquilla Caja	Pul Pac Año	Pul Pac Caja	Con abrazadera de carga Año	Con abrazadera de carga Caja
Salarios	143.465	0,0197 $	93.871	0,0129 $	96.648	0,0133 $	94.361	0,0130 $
Administración de salarios (17 %)	24.389	0,0036	15.958	0,0022	16.430	0,0023	16.041	0,0022
Coste de las bandejas de madera	—	—	9.251	0,0013	—	—	—	—
Coste de las bandejas de cartón	—	—	—	—	8.833	0,0012	—	—
Coste de funcionamiento	—	—	2.572	0,0004	2.838	0,0004	2.619	0,0004
Entretenimiento	342	—	3.453	0,0005	4.862	0,0007	4.486	0,0006
Depreciación (12,5 %)	900	0,0001	9.688	0,0013	4.813	0,0006	4.813	0,0006
Seguros e impuestos (1 %)	72	—	775	0,0001	385	—	385	—
Total	169.168	0,0234 $	135.568	0,0187 $	134.809	0,0185 $	122.705	0,0168 $
ECONOMIAS	Base	Base	33.600	0,0046 $	34.359	0,0047 $	46.463	0,0064 $

* Coste de las bandejas de cartón

FIG. 198.—Comparación de los métodos de manipular en almacén 30.000 cajas diarias de productos terminados, suponiendo que: 1.°, se expiden directamente 15.000 cajas diarias y se almacenan otras 15.000; 2.°, el tiempo de almacenamiento es de 4 semanas; 3.°, los productos terminados se manipulan desde una rampa a una bandeja o carretilla y desde estas al camión.

inferior. La caja contiene 12 bandejas, cada una para 30 huevos, lo que da un total de 30 docenas. En la granja los huevos recogidos se colocan directamente en las bandejas y estas en las cajas, lo cual elimina una operación. La forma de la pieza inferior de la caja facilita la circulación del aire y, por consiguiente, la rápida refrigeración de los huevos. Este

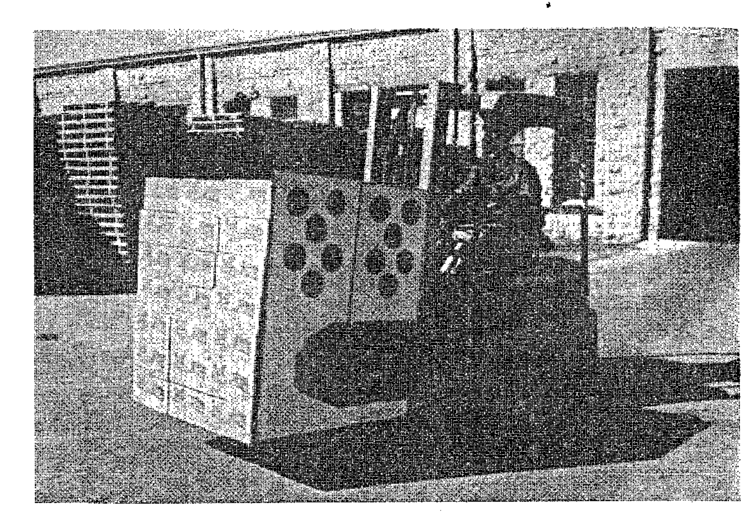


Fig. 199.—La abrazadera de carga adicionada a la carretilla elevadora hace innecesario el empleo de bandejas.

nuevo tipo de caja fue diseñado por el Departamento de Agricultura de la Universidad de California, y ha sido ampliamente adoptada por los granjeros y los distribuidores de huevos.

INSPECCION DE CARRETES METALICOS

Durante un período de unos veinticinco años se han realizado cuatro perfeccionamientos en la inspección de carretes metálicos (Fig. 197). El primer perfeccionamiento (método II) fue consecuencia de la mejor disposición del puesto de trabajo y del empleo de dos fuentes luminosas que hacían innecesario volver los carretes para inspeccionar sus extremos. Para una descripción completa de este método véase la página 278. Aun cuando se duplicó la producción, este método aún requería un 100 por 100 de inspección por parte del obrero. Algunos años después se hizo un nuevo diseño de los carretes, con ambos extremos idénticos, lo que permitió el empleo de dos calibres que eliminaban la

inspección visual de los carretes. Todos los aceptables se deslizaban por los calibres hasta las bandejas y los desechados eran retenidos por los mismos calibres, de los cuales los retiraba el operario. Con este método (método III) se consiguió un aumento de producción del 108 por 100 sobre el método anterior. El actualmente en uso (método IV) emplea un dispositivo vibrante de alimentación que introduce los carretes en el calibre, labor realizada anteriormente a mano. Con este dispositivo mecánico, que suministra carretes a cuatro calibres, se obtuvo un aumento del 125 por 100 en la producción, sobre el método III.

En la actualidad se está proyectando un dispositivo mecánico para retirar las piezas rechazadas del calibre, lo que hará la operación completamente automática. A partir de la operación anterior, los carretes a inspeccionar podrán llevarse a los dispositivos vibrantes de alimentación mediante una banda transportadora; podrán inspeccionarse automáticamente, y luego otro transportador llevará las piezas buenas hacia la operación siguiente.

COMPARACION DE LOS COSTES DE MANIPULACION EN ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS

Pueden presentarse situaciones en las que el factor a estudiar no sea la mano de obra directa. La figura 198 muestra cuatro procedimientos distintos de manipulación en almacén de productos terminados, procedimientos que fueron utilizados por la Procter & Gamble Company. Primero se empleó una carretilla de mano, de plataforma plana, con la cual el coste de manipulación ascendía a 2,34 dólares por cada 100 cajas. Con el empleo de una carretilla con elevador de horquilla y bandeja de madera se consiguió reducir el coste de manipulación a 1,87 dólares por cada 100 cajas. Más tarde se proyectó una bandeja de carga Pul Pac, que redujo los costes de las bandejas y, además, economizó espacio vertical en el almacén. En este método, que dio un coste de 1,85 dólares por 100 cajas, se empleaba una resistente bandeja de cartón fuerte en vez de la de madera antes usada, que era de más peso y cerca de nueve veces más cara. Recientemente se ha adicionado una abrazadera de carga a la carretilla elevadora, con lo que se elimina por completo la bandeja (Fig. 199). Este método de manipulación reduce el coste a 1,68 dólares por 100 cajas. En la figura 198 se analizan los costes de cada uno de los cuatro métodos.

CAPITULO XXI

AMPLIACION DE LA TAREA Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

Durante muchos siglos se ha practicado la división del trabajo, pero el alto grado de especialización que poseemos actualmente empezó su evolución con la Revolución Industrial. La tendencia constante a subdividir la tarea se debe al aumento en la productividad del trabajo y a los menores costes por unidad de producción resultantes de aquel.

Economías de especialización.—Son numerosos los argumentos a favor de la división del trabajo:

1. Un alto grado de especialización permite que el obrero aprenda su tarea en un corto período de tiempo.

2. Un ciclo corto de trabajo permite una ejecución rápida y casi automática, con esfuerzo mental pequeño o nulo.

3. Pueden emplearse las personas menos capacitadas para la ejecución de operaciones de ciclo corto muy repetidas, con salario hora bajo.

4. Se necesita menos supervisión, puesto que el operario aprende rápidamente su tarea, lo que, unido a la normalización de piezas y materiales procedentes de las operaciones anteriores, deja pocas probabilidades de que surjan interrupciones durante la jornada.

La especialización del trabajo puede verificarse de manera que a) la operación quede completamente bajo el control del operario, o b) el trabajo se realice a un ritmo fijo, como ocurre con las operaciones de la cadena de montaje en la industria del automóvil. Para este tipo de trabajo se dan frecuentemente los argumentos que siguen:

1. La dirección puede tener la seguridad de que se cumplen los programas de producción, puesto que hay una corriente continua de productos acabados, procedentes de la cadena de montaje.

2. La banda transportadora obliga a los departamentos de servicios y de suministro de piezas a realizar sus funciones de manera adecuada, pues, en caso contrario, se pararía la cadena de montaje.

3. Ningún operario puede adelantar a los demás, acumulando piezas en curso de fabricación. Lo que se desea es la pieza o producto

acabado procedente de la banda transportadora y no piezas en diferentes fases de acabado.

4. El trabajo realizado sobre las bandas transportadoras utiliza adecuadamente las dimensiones en planta. Muchas veces pueden emplearse transportadores aéreos auxiliares para llevar piezas al operario, evitando así el almacenamiento de piezas en la cadena de montaje.

Estos argumentos se han revalidado en millares de fábricas en todo el mundo. No puede refutarse la afirmación de que, en muchos casos, mediante la división del trabajo se puede aumentar la productividad de la mano de obra, reducir el coste de esta y el coste del producto (1).

Sin embargo, en los últimos años se ha opinado que las tareas deben ampliarse, y que, en algunos casos, la especialización se ha llevado demasiado lejos (2). Además, se ha dicho que puede aumentarse el rendimiento de la mano de obra y reducir el coste unitario, haciendo que el operario asuma mayor responsabilidad por el trabajo que realiza, especialmente en lo referente a calidad, y que su identificación con el producto que fabrica sea más íntima. Cada vez se obtienen más pruebas de que en *algunos casos* es deseable y provechosa la ampliación de la tarea; pero también resulta importante el hecho de que se estén estableciendo algunas reglas básicas concernientes al proyecto de la tarea, con las cuales se conseguirán algunos de los beneficios de la división del trabajo, y además, tendrá el obrero mayor satisfacción en la ejecución del suyo.

Algunas reglas generales para el proyecto del trabajo

1. La tarea debe proyectarse de manera que constituya un ciclo completo, a fin de que al menos una unidad o componente sea completada por el operario. Por ejemplo, al colocar el cierre sobre un aspirador de polvo, lo montará sobre el cuerpo, colocará la placa sobre los tornillos y luego las dos tuercas, que apretará con una llave mecánica. Si una persona tuviera que montar el cierre, otra la placa y las

---

(1) Empleando el método de cadena de montaje, Henry Ford redujo el tiempo de montaje de un automóvil desde 12 horas y 28 minutos (septiembre 1913) a 1 hora y 33 minutos (30 abril de 1914). Fue uno de los primeros y más espectaculares empleos de la cadena de montaje. HORACE L. ARNOLD y FAY L. FAUROTE: *Ford Methods and the Ford Shops,* The Engineering Magazine Co., Nueva York, 1915.

(2) L. E. DAVIS: "Toward a Theory of Job Design", *The Journal of Industrial Engineering,* vol. 8, núm. 5, págs. 305-309, septiembre-octubre 1957; C. R. WALKER y A. G. WALKER: *Modern Technology and Civilization,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1962, págs. 119-136; C. R. WALKER y R. H. GUEST: *The Man on the Assembly Line,* Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1952; C. R. WALKER: "The Problem of the Repetitive Job", *Harvard Business Review,* vol. 28, núm. 3, págs. 54-58, mayo 1950; JAMES C. WORTHY: "Organizational Structure and Employee Morale", *American Sociological Review,* vol. 15, número 2, págs. 176-178, abril, 1950.

tuercas y un tercer operario apretar estas últimas, cada uno haría un fragmento de la operación. No es la duración del ciclo lo importante, sino el hecho de que la tarea debe ser una unidad completa, con su comienzo, su duración y su final (3).

2. Debe concebirse la tarea de tal manera que el operario pueda ejecutarla siguiendo un ritmo. El ritmo es posible: 1) si los movimientos o piezas de la tarea se suceden a intervalos regulares, o 2) si el trabajo se dispone de manera que el obrero pueda ejecutar "un golpe", es decir, una secuencia regular con un movimiento acentuado en cada ciclo. Con la práctica, los movimientos rítmicos dan como resultado un gasto menor de energía y mayor satisfacción por los resultados conseguidos (4).

3. El trabajador debe ser capaz de fijar su propio ritmo, lo cual es preferible a que le sea impuesta una determinada velocidad de trabajo. Aun cuando, en la actualidad, la velocidad esperada de trabajo en la industria queda muy por debajo de la máxima alcanzable por una persona media, sabemos que existen diferencias individuales y que un operario que trabaje en una cadena de montaje puede consumir una energía considerablemente mayor que la empleada por otro obrero en el mismo puesto. Por otra parte, algunas personas se sienten en tensión cuando han de trabajar a una velocidad determinada. En muchos casos puede emplearse una banda transportadora, pero el obrero se limita a coger de ella las piezas, ejecuta su tarea sobre el banco y deja sobre la banda la pieza acabada. Esto permite al obrero establecer su propio ritmo, y además el transportador simplifica la manipulación del material.

4. Cada obrero debe inspeccionar o comprobar su propia tarea e identificarla con una marca o símbolo peculiar.

5. Siempre que sea posible, deben alternarse las tareas. De esta manera se suprime la monotonía, se aumenta la adaptabilidad del obrero a otros trabajos, con mayor satisfacción para él y, desde el punto de vista fisiológico, puede reducirse el coste total de la energía gastada durante una jornada laboral.

Si bien es fácil encontrar ejemplos de reducción de costes obtenidos mediante la división del trabajo, hay muy pocos ejemplos del caso contrario, o sea, del aumento de la productividad de la mano de obra y de la disminución de costes unitarios, debidos a la ampliación de la tarea.

(3) LEON WALTHER: "The Division of Labor and Mental Health", *The International Journal of Production Research*, Londres, vol. 1, núm. 2, páginas 73-75, marzo 1962.

(4) Véase página 247.

Montaje de la bomba de una lavadora automática.—La Maytag Company posee varios años de experiencia satisfactoria en el cambio de operaciones en cadenas de montaje altamente mecanizadas, a un método en el cual cada operario ejecuta un ciclo completo. Por ejemplo, en el caso de montaje de la bomba, se abandonó el ritmo de la

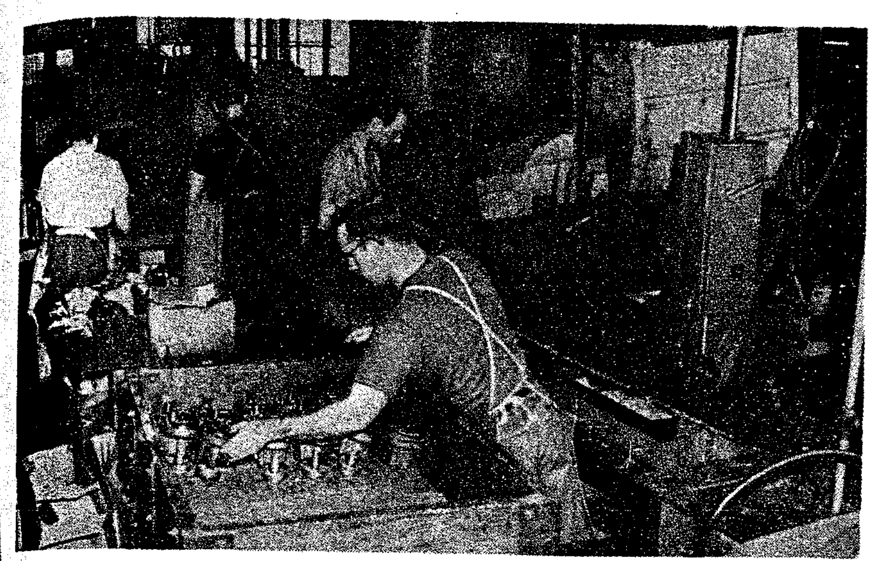


FIG. 200.—Procedimiento anterior de trabajo por equipo, mostrando cómo el montaje avanza desde el puesto de trabajo que se ve en la parte posterior, hasta el transportador de la parte derecha. La prueba del conjunto se realiza en el depósito que se observa en primer plano, y a continuación la bomba terminada se coloca en la caja.

cadena de montaje, en favor del puesto de trabajo individual, obteniéndose importantes ahorros en el coste y mayor satisfacción para el operario (5).

Sistema anterior de montaje de la bomba.—La bomba se compone de 25 piezas, y anteriormente se montaba por un equipo de cuatro o seis operarios, según las exigencias del programa de fabricación. (Véase Fig. 200.) El proceso de montaje avanzaba desde el puesto de trabajo posterior hacia el transportador de la derecha, y las pruebas de estanqueidad se realizaban, en primer plano, en el lado inferior derecho.

(5) IRWIN A. ROSE: "Increasing Productivity Through Job Enlargement", *Proceedings Fifteenth Industrial Engineering Institute*, University of California, Los Angeles-Berkeley, febrero 1963. Los casos examinados se reproducen con la autorización de The Maytag Company.

La mayor parte del trabajo se realizaba sobre el transportador. Para algunos operarios, la tarea se reducía al montaje de un par de piezas, o a apretar algunos tornillos. El tiempo máximo de trabajo para un operario era de unos 20 segundos por unidad.

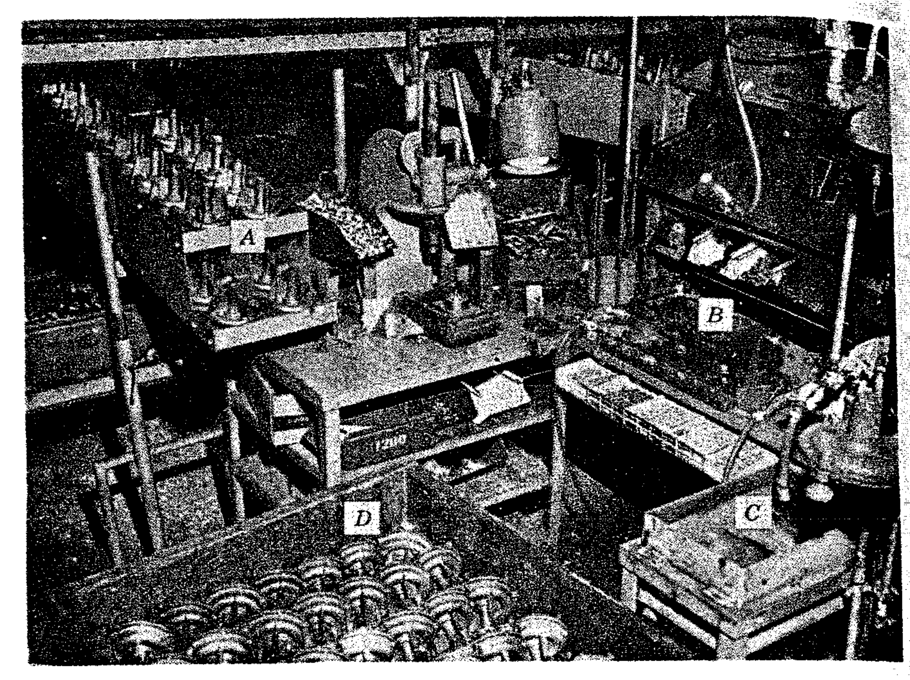


Fig. 201.—Nuevo puesto de trabajo, para el montaje de la bomba, a cargo de un solo operario. *A*, el transporte por gravedad entrega la carcasa de la bomba, procedente de la operación anterior; *B*, dispositivo duplicado de montaje; *C*, depósito duplicado para prueba; *D*, bombas terminadas, listas para su entrega al departamento de montaje de la lavadora.

Ampliación de la tarea. Operación actual de montaje con un operario.—La figura 201 muestra el puesto de trabajo actual. Obsérvese la disposición compacta de los dispositivos de fijación, herramientas, materiales y depósito de agua para prueba del conjunto terminado. La operación de montaje comienza en el punto en que se entrega la carcasa de la bomba, sobre la canaleta situada en el extremo izquierdo. La mayor parte del trabajo se realiza en el dispositivo doble central y, después de montado, se somete el conjunto a una prueba de estanqueidad (parte inferior derecha). A continuación, se coloca en un recipiente metálico, para su entrega al departamento de montaje final de la máquina lavadora. Tanto el puesto doble de montaje como los

dispositivos de prueba se proyectaron de manera que permitieran el empleo de movimientos simultáneos durante la mayor parte de la operación. Además, un transportador de rodillos lleva las cajas metálicas con las piezas componentes hasta la posición de montaje, y los recipientes que contienen los productos acabados se colocan directamente junto al depósito de agua. La duración del ciclo del operario por cada unidad de la tarea ampliada es aproximadamente un minuto y medio, mientras que en el método anterior de montaje duraba 20 segundos. La reducción anual de costes fue de 8.400 dólares. El coste total del herramental y equipo para el nuevo método ascendió a 4.440 dólares. Las reducciones en costes de "ayudantes", que fueron de importancia, no están incluidas en el valor anterior.

En la página 329 se hace una comparación entre las características más importantes de ambos métodos de montaje.

Otras tareas ampliadas.—Además del montaje de la bomba, la operación correspondiente a la tapa superior de la lavadora automática se transfirió, de una línea de montaje de 26 metros de longitud y que ocupaba a 28 obreros, a una operación de montaje realizada en un solo puesto de trabajo, donde el mismo operario comprueba su propio trabajo y lo identifica. El tiempo de montaje, en comparación con el método anterior, se reduce en un 10 por 100. A continuación se exponen los comentarios de una obrera que realizaba dicha tarea.

Pregunta: ¿Le gusta a usted trabajar en este puesto?

Respuesta: Me agrada mucho. Aquí estoy contenta.

Pregunta: ¿Por qué le gusta esta tarea?

Respuesta: Una de las cosas que me gustan es que el tiempo pasa rápidamente; llegan las doce sin darme cuenta. Algunas veces, hasta me olvido de tomar un descanso; en cambio, cuando trabajaba en la línea de montaje no hacía más que mirar el reloj para ver cuándo me tocaba el relevo. Aquí, tengo todas estas piezas para montarlas, tengo que pensar durante todo el tiempo y, si me equivoco, tengo que repetir el trabajo. Vea usted, después de haber montado todas estas piezas, compruebo el montaje oprimiendo estos ocho pulsadores. Cada uno de ellos enciende ciertas luces, como indica el cuadro, y cada vez que pulso los ocho mandos y todos me indican que la operación ha salido bien, experimento una gran satisfacción. Coloco mi número sobre el conjunto y pongo este sobre la estantería. Todos los que están colocados sobre el estante los he hecho yo, y si mañana tuviera que rehacer alguno me sentiría vejada. Es como si estuviera creando algo, que podría ser pintar un cuadro o pintar una casa: se toma la pintura, se trabaja, se lleva a cabo la tarea y, cuando está acabada, se da un paso atrás y se goza mirando la obra realizada.

Pregunta: ¿Cómo compararía usted esta tarea con el trabajo en la línea de montaje?

Respuesta: En aquella solía torturarme el cerebro durante todo el día, y cuando acababa la jornada, tenía la impresión de no haber hecho nada. Alguien verá todas esas máquinas, pero yo nunca las veía, y el tiempo pasaba tan lentamente, y yo cada vez estaba más cansada al final de la jornada, o al menos, así lo creía. Muchas veces pensaba que una fábrica no era un lugar adecuado para el trabajo de una mujer, pero desde que realizo esta tarea pienso de manera diferente.

La línea de montaje de la lavadora automática, que constaba de un transportador de 481 metros de longitud, con 113 operarias, se transformó en cinco puestos de trabajo, de lo que resultó una economía del 19 por 100 en mano de obra.

En resumen, varios problemas de fabricación, ligados a las cadenas de montaje, fueron eliminados con el nuevo sistema (6). Para el trabajo de supervisión, tuvo una importancia fundamental la mayor estabilidad de la producción cuando se realizan cambios en los programas de fabricación, o cuando ingresan nuevos trabajadores. Ya no es necesario volver a adiestrar a los operarios de un equipo cuando se revisa el programa de fabricación, ni equilibrar de nuevo el trabajo del grupo. Cuando ingresa un nuevo operario no se altera la producción de los demás, y la dirección del taller puede estimar más exactamente la producción que se obtendrá. Dado que Maytag tiene un sistema de primas sobre el salario, a los obreros les agrada que sus ganancias no dependan de la capacidad o rendimiento de los demás miembros del equipo. En la actualidad, las primas ganadas están comprendidas entre el 30 y el 40 por 100 de los salarios, lo que iguala o excede a las obtenidas con el sistema de equipo. La renovación de la mano de obra se ha reducido grandemente, y las quejas han quedado eliminadas.

(6) Recientemente se cambió el proyecto de la bomba, cuya carcasa y tapa son ahora de propileno, en vez de cinc fundido a presión, a fin de que la bomba tenga mayor duración. El montaje de la nueva bomba es el mismo que antes, con la diferencia de que el operario ejecuta dos operaciones de calibrado y con cada bomba realiza una prueba de funcionamiento, anotando el consumo de energía a fin de comprobar si el rozamiento es excesivo. Fue fácil el paso de la fundición al propileno, manteniendo un alto nivel de calidad y productividad en la mano de obra, mientras que el cambio de un transportador mecanizado habría sido más complicado y más costoso.

Montaje de bomba para lavadora automática

Concepto	SISTEMA ANTERIOR: Montaje en equipo	SISTEMA ACTUAL: Tarea ampliada
Calidad.	Con este sistema la responsabilidad se reparte entre los diversos obreros que componen el equipo. El operario tiende a perder la identificación de su propia labor con la calidad del conjunto. La velocidad de la cadena deja poco tiempo al obrero para corregir errores personales o resolver los problemas originados por variaciones en la calidad del material. Cuando se incorpora un nuevo obrero surge el problema especial de mantener el mismo nivel de calidad.	El operario monta un conjunto y lo comprueba inmediatamente, de lo que resulta la máxima identificación personal con la calidad de la obra realizada. Este sistema permite al operario corregir sus propias faltas; y, en el caso de que algunas piezas resulten defectuosas, se advierte inmediatamente, y no se hacen más conjuntos mientras no se disponga de piezas satisfactorias. Con este sistema, la proporción de bombas defectuosas se ha reducido desde el 5 % a menos del 0,5 %.
Productividad. Trabajo no equilibrado.	En la cadena de montaje es imposible establecer igual cantidad de trabajo para cada obrero. Por ello, en este sistema siempre existe un tiempo vacío, o de espera. Esta falta de equilibrio representa el 5 % del coste total de la mano de obra.	Siendo el trabajo individual, no existe desequilibrio entre los operarios.
Efectos de nuevos obreros y de cambios en los programas de producción.	Cuando se asigna un nuevo obrero a la cadena de montaje, la producción de todo el equipo está limitada por el rendimiento del nuevo operario, o bien hay un coste adicional, originado por un ayudante asignado a aquel. Cuando se lleva a cabo un nuevo programa de producción, es necesario volver a equilibrar la línea de montaje y reorganizar la tarea para cada componente del equipo. Durante el año anterior a la introducción de la tarea ampliada, se gastaron aproximadamente 2.500 dólares en	Cuando cambia el programa de producción, no es necesario volver a equilibrar el trabajo. Los operarios de nuevo ingreso, al ver los buenos resultados obtenidos por los demás compañeros que realizan exactamente la misma tarea, se animan a conseguir rápidamente mayores rendimientos.

Montaje de bomba para lavadora automática (continuación).

Concepto	SISTEMA ANTERIOR: Montaje en equipo	SISTEMA ACTUAL: Tarea ampliada
	"ayudantes" y otros conceptos originados por estas variaciones.	
Enseñanza del operario.	Al cambiar el programa de producción, se añaden o quitan obreros a la cadena, y se cambia la tarea. Por ello, es necesario un reaprendizaje.	Solamente es necesario adiestrar al nuevo operario cuando aumenta el programa de producción, o cuando se cambia el método.
Tiempos tipo.	En este taller existe un plan de primas sobre el salario y, por ello, cuando se vuelve a equilibrar la línea de montaje, es necesario hacer un nuevo estudio y fijar un nuevo tiempo tipo para el método revisado.	Solamente son necesarios nuevos tiempos tipo cuando se cambia el método, lo cual es mucho menos frecuente que las variaciones en los programas de producción.
Costes de entretenimiento.	Son considerables en instalaciones altamente mecanizadas. Además, hay que contar con mayores tiempos de parada. Es grande el coste original del puesto de trabajo.	Prácticamente no existen. Los dispositivos de fijación y otros accesorios son muy sencillos. El coste total es inferior a 1.500 dólares por puesto de trabajo.
Manipulación de materiales.	La situación poco apropiada de recipientes y cajas aumenta los tiempos de almacenamiento. La velocidad de la cadena impide al operario almacenar piezas, a no ser que se pare el sistema.	Las piezas grandes llegan directamente al puesto de trabajo por gravedad o por transportadores. Se requiere menos tiempo para almacenar piezas pequeñas, y se elimina la necesidad de una manipulación adicional de materiales.
Reducción de costes.		El ahorro anual fue de 8.400 dólares. En esta cifra no se incluyen los costes de "ayudantes" y otros parecidos, que fueron importantes. El coste total de la instalación del nuevo equipo y herramental fue 4.440 dólares.

CAPITULO XXII

NORMALIZACION. HOJA DE INSTRUCCIONES NORMALIZADAS

Después de encontrar la forma más económica de ejecutar una operación, es esencial hacer una anotación permanente de ella, que se conoce con el nombre de *hoja de instrucciones normalizadas.* Además de servir como registro permanente de la operación, se utiliza también a menudo como hoja de adiestramiento para el operario o para ayudar al capataz o instructor encargado de dicho adiestramiento.

La hoja de instrucciones normalizadas como registro permanente.— Una vez normalizado y aplicado el nuevo método, la dirección ha de velar constantemente para mantenerlo. Con frecuencia, las herramientas y el equipo se desajustan, se estiran las correas y varían las especificaciones de los materiales. Cuando sucede todo esto, no se puede esperar una actuación normal del operario. Unicamente conservando rígidamente las condiciones fijadas puede haber una seguridad razonable de actuación normal en la producción y en la calidad.

Es muy importante que se haga un registro exacto y completo del método en el momento de su instalación o en el momento en que se fija la valoración de la operación, debido a que la mayor parte de los tiempos tipo se utilizan como base para los sistemas de primas y a que la mayor parte de los planes de incentivos implican o declaran específicamente que no se variarán los tiempos tipo (1) o las valoraciones, a no ser que haya un cambio en el método de ejecución de un trabajo. Si no se guardara el registro indicado sería casi imposible decir en el futuro si el método seguía siendo el mismo que se utilizaba en el momento en que se estableció la norma.

Una Compañía utiliza los impresos mostrados en las figuras 202 y 203 como registro permanente de cada operación. Generalmente, es la persona que hace el estudio de movimientos y tiempos o la que está al cargo de la investigación, si hay varias personas dedicadas al trabajo, quien prepara esta hoja de instrucciones normalizadas. Estos dos impresos se preparan una vez establecido y puesto en funcionamiento el método correcto. Las hojas de *Condiciones normalizadas de la tarea* y de *Condiciones generales de la tarea,* utilizadas por esta Compañía, están impresas en papel de hilo, siendo el de la primera de color amari-

(1) *Industrial Engineering Survey,* de RALPH M. BARNES, Universidad de California, 1963.

CONDICIONES NORMALIZADAS DE LA TAREA

TIPO BASE Nº 27112 CODIGO Nº —

FECHA 18-12-47 ESTUDIOS Nºˢ 32906-32909 SIMBOLO Nº — EMPAQUETADOR Nº 27

EDIFICIO 148 A DEPARTAMENTO Nº 17 DIVISION Este OBSERVADOR Davis, W.

OPERACION Poner etiquetas en frascos de 4 onzas Solución endurecedora

ESQUEMA DEL SITIO DE TRABAJO

Etiquetas
Bandeja para frascos terminados
Brocha para humedecer el tampón
Bandeja de suministro
Tela para hacer presión
Plantilla para el etiquetado
Tampón humedecido
Operario sentado

HERRAMIENTAS ESPECIALES, DISPOSITIVOS Y PLANTILLAS : Plantilla para el etiquetado

ELEMENTOS DE LA TAREA	AUXILIARES
1. Humedecer el tampón con la brocha	
2. Introducir las etiquetas en la plantilla	
3. Coger un frasco de la bandeja de suministro, humedecer el frasco en el tampón, etiquetar utilizando la plantilla, ejercer una presión suave sobre la tela situada a la izquierda.	Colocado y limpiado por parte del manipulador o del operario. No se da ningún suplemento de tiempo sobre el normal
4. Depositar el frasco en la bandeja de madera	
5. Cuando se llena la bandeja, se rellena una ficha que se coloca en la bandeja como revisión de la calidad del etiquetado. El encargado puede determinar la responsabilidad si las etiquetas no están bien puestas	El manipulador suministra los frascos y entrega las bandejas terminadas

Nota - La producción puede comprobarse por el número de orden. El encargado comprueba el tiempo.

FIG. 202.—Impreso de las condiciones normales de la tarea, tamaño 21,6 × 28 cm.

CONDICIONES GENERALES DE LA TAREA

FECHA 18-12-47 TIPO BASE Nº 27112 CODIGO Nº

EDIFICIO 148 A DEPARTAMENTO Nº 17 DIVISION Este OBSERVADOR Davis, W. T.

TIPO DE OPERACION Llenado y empaquetado de frascos

DISPOSICION DE LA OPERACION O LUGAR

Almacén de frascos y suministros
Máquina de lavar frascos
Aparato de llenar frascos
La solución se mezcla en el piso de arriba. Los frascos se llenan por gravedad
Suministro de embalajes
4 Cierre de las cajas
3 Empaquetado en cajas
2 Empaquetado en cajas de cartón
1 Etiquetado de los frascos
Entrada
E
Sala de expedición
Piso primero - Edificio 148 A

LIMITES DE APLICACION : Unidad diseñada para la manipulación de frascos de producto líquido de tamaños comprendidos entre 113 gr. y 907 gr.

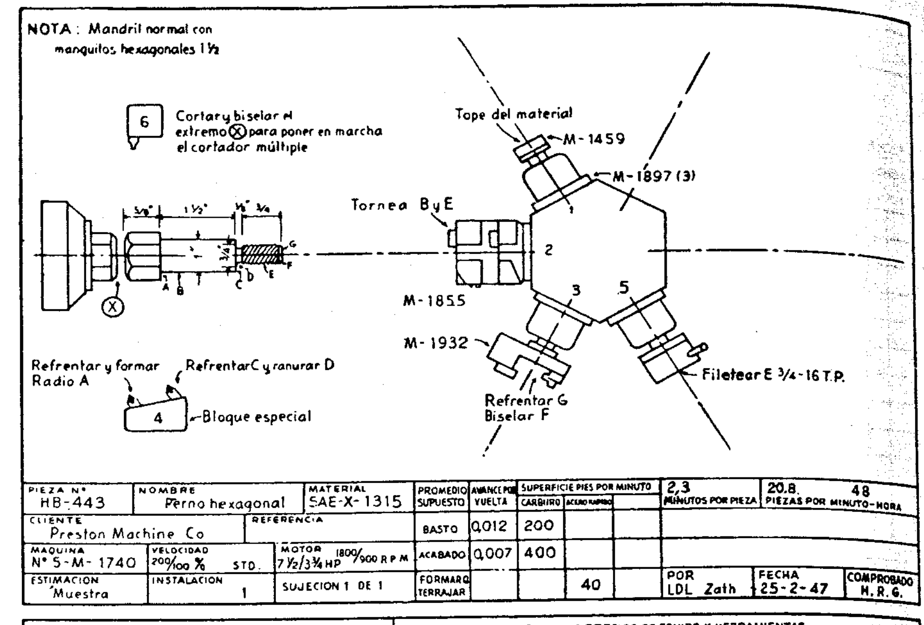
DESCRIPCION DEL EQUIPO NORMALIZADO. Línea de producción equilibrada desde la sala de suministros hasta los productos acabados en la sala de expedición. El equipo consta de: máquina de lavar botellas nº 3712-A, aparato de llenar botellas, nº 2192-0, batería de puestos de trabajo en un banco largo para etiquetar, embalar y empaquetar, y máquina de cerrar nº 3127. Los frascos se manipulan en bandejas de madera para evitar accidentes debidos a cristales rotos.

DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO. Horas normales de trabajo 8-12, 1-5. Las tareas se ejecutan en una habitación grande y aireada bajo la luz del día. Hay luz artificial en caso de necesidad. El encargado del lavado de frascos usa delantal y guantes de goma. El operario encargado del llenado usa gafas, delantal y guantes de goma y manguitos de tela.

RECORRIDO DEL MATERIAL O SUMINISTROS. Los frascos llegan del almacén a la máquina de lavar; una vez limpios pasan al aparato de llenar. Se transportan por carretilla desde el aparato de llenado hasta el lugar del etiquetado. Los frascos etiquetados se meten en cajas de cartón y estas se introducen en otras cajas que, una vez llenas, se cierran a máquina y luego continúan su recorrido hasta la sala de expedición. El material para los paquetes y las etiquetas se envían a los puestos de trabajo desde el almacén.

B117

FIG. 203.—Impreso de las condiciones generales de la tarea, tamaño 21,6 × 28 cm.



PIEZA N°	NOMBRE	MATERIAL	PROMEDIO SUPUESTO	AVANCE POR VUELTA	SUPERFICIE PIES POR MINUTO: CARBURO	ACERO RÁPIDO		2,3 MINUTOS POR PIEZA	20.8 48 PIEZAS POR MINUTO-HORA
HB-443	Perno hexagonal	SAE-X-1315							
CLIENTE: Preston Machine Co	REFERENCIA		BASTO	0,012	200				
MAQUINA: N° S-M-1740	VELOCIDAD: 200/100 % STD.	MOTOR: 7 ½/3 ¾ HP 1800/900 R P M	ACABADO	0,007	400				
ESTIMACION: Muestra	INSTALACION: 1	SUJECION 1 DE 1	FORMAR O TERRAJAR			40		POR: LDL Zath	FECHA: 25-2-47 · COMPROBADO: H. R. G.

PRODUCCION									DETALLE DE PRECIOS DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
OPERACION N°	DIAMETRO	PIES POR MINUTO	REVOLUCIONES POR MIN.	AVANCE POR VUELTA	MINUTOS POR PULGADA	LONGITUD DE CORTE	TIEMPO MAQUINA	TIEMPO MANO	NOMBRE O N° DE LA HERRAMIENTA	EQUIPO NORMAL	HERRAMIENTAS NORMALES	EQUIPO COMPRADO DURADERAS	EQUIPO COMPRADO PERECEDERAS	HERRAMIENTAS ESPECIALES DURADERAS	HERRAMIENTAS ESPECIALES PERECEDERAS
1	CARGAR Y PARAR							0,20	Tope del material giratorio						
2	1 ½"	215	548	0,012	0,15	2 ⅜"	0,35	0,12	Cortador múltiple con dos herramientas						
3	3/4"	52	274	H/	—	1/8"	0,15	0,12	Herramienta para refrentar y formar con herramienta de alta velocidad de corte						
4	1 ½"	215	548	0,007	0,26	1/4"	0,10	0,12	Bloque especial con 2 herramientas						
5	3/4"	40	193	16 P	—	3/4"	0,05	0,12	Terraja de alta velocidad de corte para roscas de ¾-16						
6	1 ½"	75	198	0,0045	1,10	3/4"	0,85	0,12	Herramienta de corte de acero de alta velocidad						
	DESCARGAR														
TOTALES							1,50	0,80							
MINUTOS POR PIEZA							2,30		TOTALES PARCIALES						
NOTA:									OBSERVACIONES						
									(√) ARTICULOS COMPROBADOS CUYOS PRECIOS HAN SIDO RESEÑADOS ANTERIORMENTE						

FIG. 204.—Instalación de la tarea y hoja de instrucciones normalizadas para el trabajo en torno revólver Warner y Swasey. Tamaño de la hoja, 28 × 42 cm.

llo y el de la segunda de color salmón. Se llenan a lápiz un original y una copia al carbón de cada uno de estos impresos, guardando el primero en una carpeta, junto con los estudios originales de tiempos de la operación, y se archiva en la oficina del Departamento de Normas de Salarios. La copia al carbón se archiva en la oficina del encargado del departamento en que se realiza la operación. Esta copia es la utilizada por el operario, el encargado y el cronometrador.

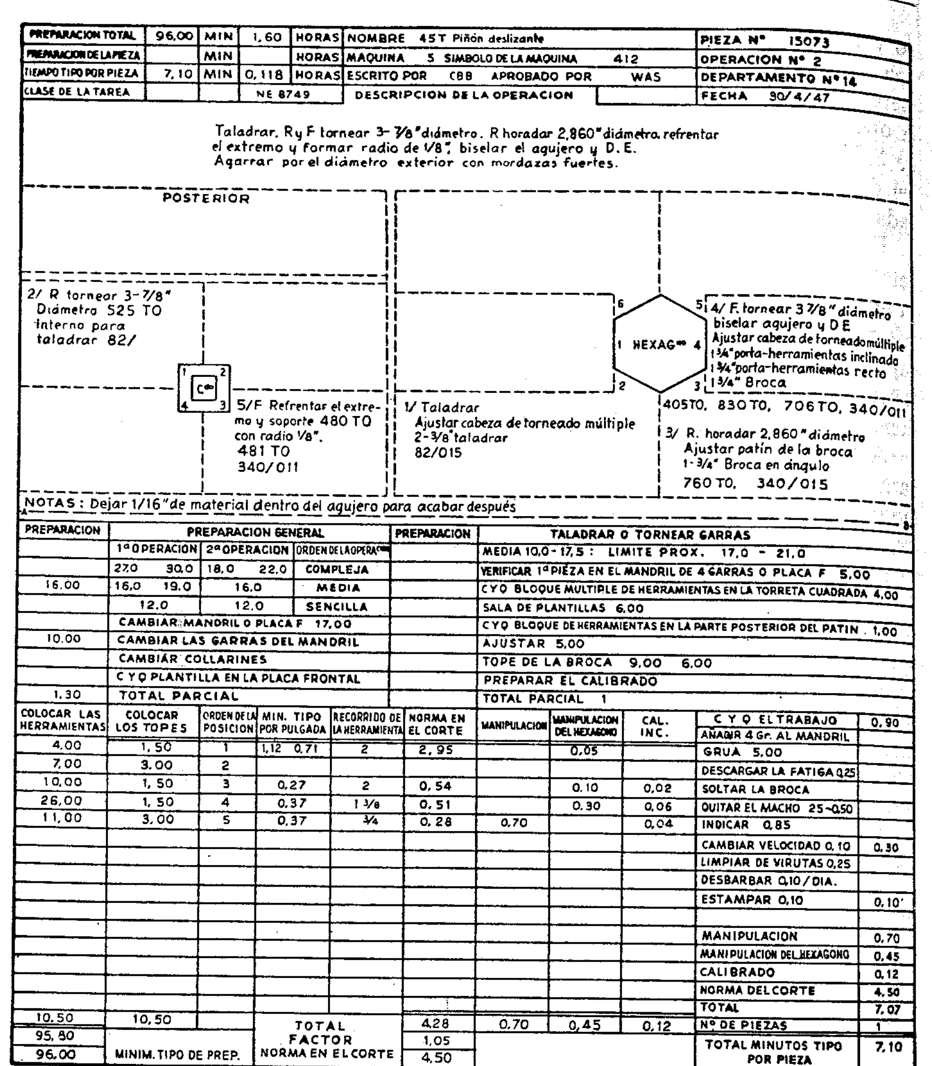
El impreso de *Condiciones normalizadas de la tarea* contiene los detalles completos de cada operación específica; el impreso de *Condiciones generales de la tarea,* como su nombre indica, suministra más información general sobre la operación y la situación del lugar de trabajo con relación al resto del departamento o del edificio, información sobre el recorrido del material hasta y desde el lugar de trabajo, condiciones de este y otras cuestiones similares.

Algunas clases de trabajo son relativamente sencillas y pueden prepararse rápidamente las hojas de instrucciones normalizadas correspondientes. Por ejemplo, en trabajos con máquinas-herramientas, los factores importantes son la velocidad y el avance, forma y tamaño de las herramientas, refrigerante utilizado y el método de agarrar la pieza. El impreso de la figura 324, ideado por una Compañía para instruir al operario, sirve igualmente de base para el registro permanente de la operación.

En las fábricas donde hay muchas operaciones similares, se establecen con frecuencia métodos para toda una clase de trabajos y se determinan tiempos tipo sacándolos de tablas de datos o de fórmulas normalizados. En estos casos se pueden agrupar en clases las operaciones similares y preparar una hoja patrón de instrucciones normalizadas para cada clase. Por ejemplo (véase Fig. 324), todos los tamaños de tochos para engranajes, que se tornean en el torno revólver *JL58* (operación *5TR,* caso *D),* siguen el mismo orden de movimientos de operario y máquina, aunque las velocidades, avances y tamaños de las herramientas varían con el tamaño del tocho.

Combinación de hoja de cálculos, hoja de adiestramiento y hoja de instrucciones normalizadas.—La Jones and Lamson Machine Company utiliza el impreso representado en la figura 205 como combinación de hoja de cálculos, hoja de adiestramiento y hoja de instrucciones normalizadas. La operación a que se refiere es la de labrar un engranaje deslizante (véase Fig. 206) en un torno revólver universal número *5J & L* (véase Fig. 207). Esta pieza se fabrica en la instalación de Jones and Lamson. A continuación se da a conocer la forma en que se determina el tiempo tipo y cómo se utiliza la hoja de adiestramiento (véase Fig. 205).

La parte de la hoja por encima de la línea de trazos *A-B* es la que



PREPARACION TOTAL	96,00	MIN	1,60	HORAS	NOMBRE 45T Piñón deslizante	PIEZA N° 15073
PREPARACION DE LA PIEZA		MIN		HORAS	MAQUINA 5 SIMBOLO DE LA MAQUINA 412	OPERACION N° 2
TIEMPO TIPO POR PIEZA	7,10	MIN	0,118	HORAS	ESCRITO POR CBB APROBADO POR WAS	DEPARTAMENTO N° 14
CLASE DE LA TAREA			NE 8749		DESCRIPCION DE LA OPERACION	FECHA 30/4/47

Taladrar. R y F tornear 3-7/8" diámetro. R horadar 2,860" diámetro. refrentar el extremo y formar radio de 1/8", biselar el agujero y D. E.
Agarrar por el diámetro exterior con mordazas fuertes.

POSTERIOR

2/ R tornear 3-7/8" Diámetro 525 TO interno para taladrar 82/

5/F Refrentar el extremo y soporte 480 TO con radio 1/8". 481 TO 340/011

1/ Taladrar Ajustar cabeza de torneado múltiple 2-3/8" taladrar 82/015

HEXAG.

4/ F. tornear 3 7/8" diámetro biselar agujero y D E Ajustar cabeza de torneado múltiple 1 3/4" porta-herramientas inclinado 1 3/4" porta-herramientas recto 1 3/4" Broca
405TO, 830 TO, 706 TO, 340/011

3/ R. horadar 2,860" diámetro Ajustar patín de la broca 1-3/4" Broca en ángulo 760 TO, 340/015

NOTAS: Dejar 1/16" de material dentro del agujero para acabar después

PREPARACION	PREPARACION GENERAL			PREPARACION	TALADRAR O TORNEAR GARRAS
	1ª OPERACION	2ª OPERACION	ORDEN DE LA OPERACION		MEDIA 10,0-17,5: LIMITE PROX. 17,0 - 21,0
	27,0 30,0	18,0 22,0	COMPLEJA		VERIFICAR 1ª PIEZA EN EL MANDRIL DE 4 GARRAS O PLACA F 5,00
16,00	16,0 19,0	16,0	MEDIA		C Y Q BLOQUE MULTIPLE DE HERRAMIENTAS EN LA TORRETA CUADRADA 4,00
	12,0	12,0	SENCILLA		SALA DE PLANTILLAS 6,00
	CAMBIAR MANDRIL O PLACA F 17,00				C Y Q BLOQUE DE HERRAMIENTAS EN LA PARTE POSTERIOR DEL PATIN 1,00
10,00	CAMBIAR LAS GARRAS DEL MANDRIL				AJUSTAR 5,00
	CAMBIAR COLLARINES				TOPE DE LA BROCA 9,00 6,00
	C Y Q PLANTILLA EN LA PLACA FRONTAL				PREPARAR EL CALIBRADO
1,30	TOTAL PARCIAL				TOTAL PARCIAL 1

COLOCAR LAS HERRAMIENTAS	COLOCAR LOS TOPES	ORDEN DE LA POSICION	MIN. TIPO POR PULGADA	RECORRIDO DE LA HERRAMIENTA	NORMA EN EL CORTE	MANIPULACION	MANIPULACION DEL HEXAGONO	CAL. INC.	C Y Q EL TRABAJO	0,90
									AÑADIR 4 Gr. AL MANDRIL	
4,00	1,50	1	1,12 0,71	2	2,95		0,05		GRUA 5,00	
7,00	3,00	2							DESCARGAR LA FATIGA 0,25	
10,00	1,50	3	0,27	2	0,54		0,10	0,02	SOLTAR LA BROCA	
26,00	1,50	4	0,37	1 3/8	0,51		0,30	0,06	QUITAR EL MACHO 25-0,50	
11,00	3,00	5	0,37	3/4	0,28	0,70		0,04	INDICAR 0,85	
									CAMBIAR VELOCIDAD 0,10	0,30
									LIMPIAR DE VIRUTAS 0,25	
									DESBARBAR 0,10/DIA.	
									ESTAMPAR 0,10	0,10'
									MANIPULACION	0,70
									MANIPULACION DEL HEXAGONO	0,45
									CALIBRADO	0,12
									NORMA DEL CORTE	4,50
									TOTAL	7,07
10,50	10,50		TOTAL		4,28	0,70	0,45	0,12	N° DE PIEZAS	1
95,80			FACTOR		1,05				TOTAL MINUTOS TIPO POR PIEZA	7,10
96,00	MINIM. TIPO DE PREP.		NORMA EN EL CORTE		4,50					

FIG. 205.—Combinación de hoja de cálculos, hoja de adiestramiento y hoja de instrucciones. Tamaño de la hoja, 21,6 × 28 cm.

se da al operario. En ella se muestra el tiempo tipo de preparación y el tiempo tipo de operación por pieza. Esta información viene en el ángulo superior izquierdo de la hoja. En la operación 2 (primera operación en el torno revólver) se conceden al operario 96 minutos o

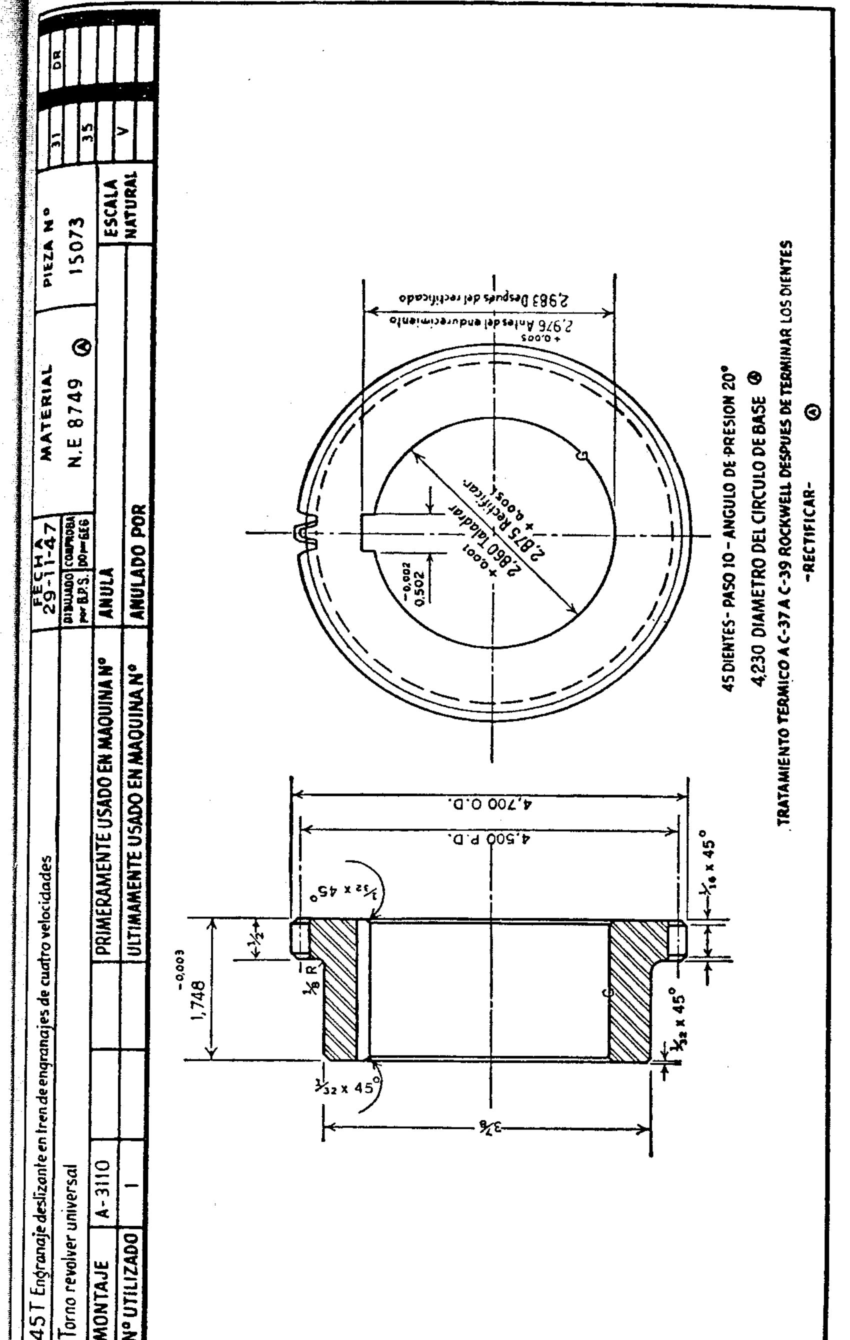


FIG. 206.—Dibujo detallado de engranaje deslizante, pieza núm. 15073.

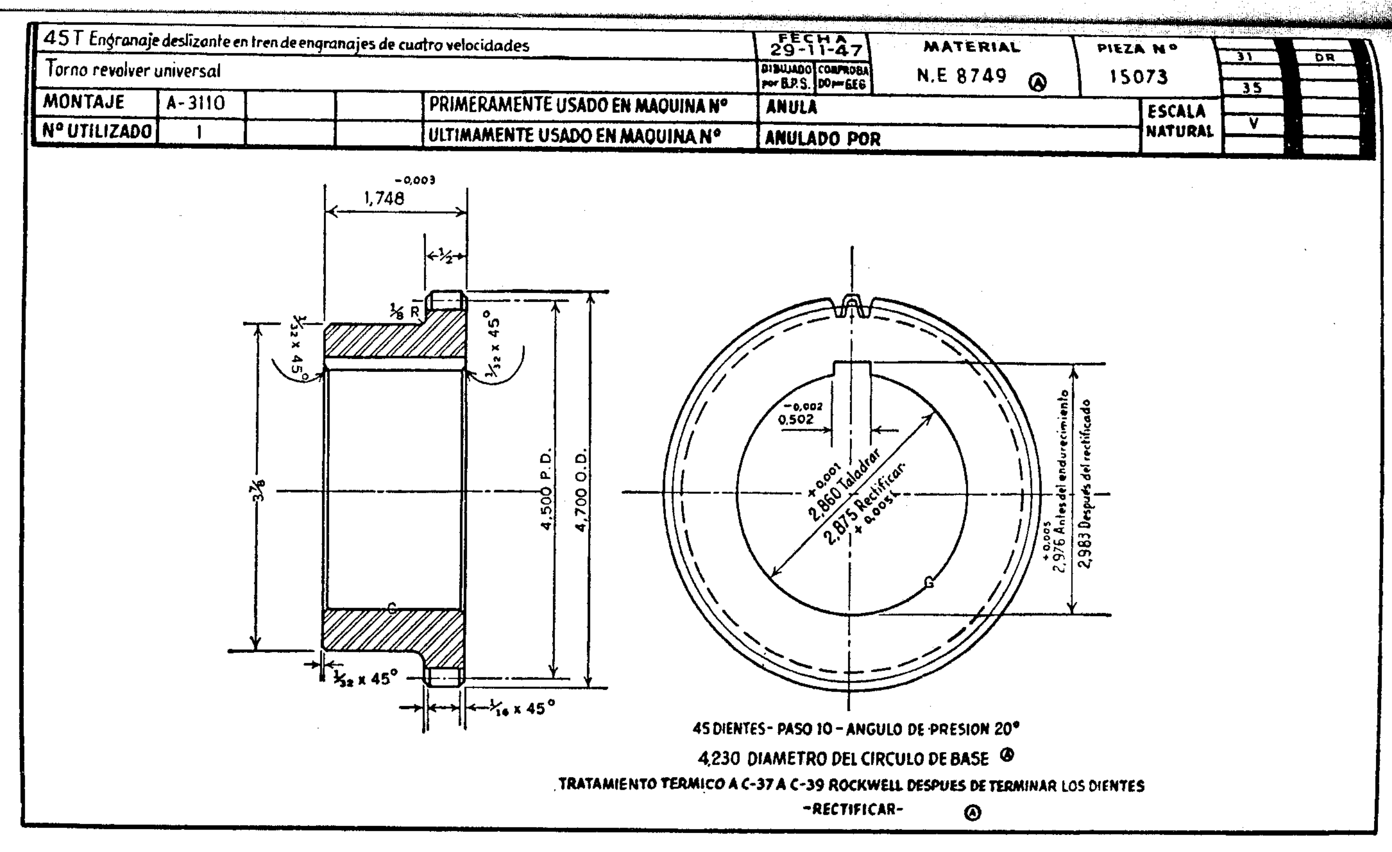


FIG. 206.—Dibujo detallado de engranaje deslizante, pieza núm. 15073.

1,6 horas para preparar su máquina y 7,10 minutos o 0,118 horas para labrar cada pieza. A continuación se dan las instrucciones para el labrado de la pieza y debajo de estas hay otras, en forma esquemática, para el orden de las operaciones. Por ejemplo, 1/ es la primera operación en el torno revólver; 2/ es la segunda, etc. Estas instrucciones indican también al operario el número de pieza de la herramienta que ha de utilizar. Por ejemplo, *525TO* es el número de la herramienta que

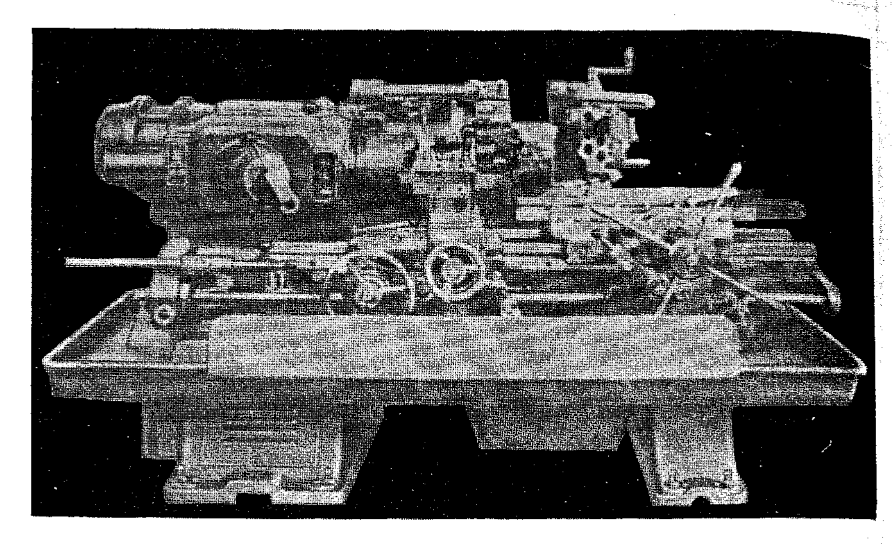


FIG. 207.—Torno revólver universal Jones y Lamson.

ha de utilizar en la primera posición de la torreta cuadrada. Se dan igualmente las velocidades y avances a emplear: por ejemplo, en la tercera posición de la torreta cuadrada el operario tiene que emplear una velocidad de husillo de 340 r.p.m. y un avance de 0,011 pulgadas por r.p.m.

La mitad inferior de la hoja muestra exactamente cómo se calcula el tiempo tipo para la operación. Esta parte de la hoja, que se guarda en el departamento de estudio de tiempos, sirve de referencia en el caso de que hubiera alguna queja o error. En el ángulo izquierdo de esta sección se muestra el tiempo de preparación para cada operación. El tiempo general de preparación es de 16 minutos, constituyendo esto una media. Debajo de esta cifra se da el tiempo para varias operaciones incidentales a la preparación completa. En la columna adyacente a esta se da el tiempo para la preparación de los topes. Las columnas cuarta, quinta y sexta muestran el cálculo del tiempo real de corte. En este cálculo se incluye el tiempo de corte en sí, agregándole un suplemento

de prima. Las tres columnas siguientes dan los tiempos permitidos para manipulación y calibrado vario. Todo tiempo de manipulación y calibrado comprende un 15 por 100 de suplemento para descanso y necesidades personales. Las dos últimas columnas resumen los tiempos de corte y manipulación, que suman 7,10 minutos. El factor 1,05, por el que se multiplica el tiempo de corte de la columna seis para obtener el tiempo final de 4,05 minutos, es un suplemento para el afilado de herramientas.

Registros en película.—La mejor forma de registrar las operaciones manuales complicadas es realizando películas de ellas. En efecto, en ciertos casos puede ser más económico registrarlas de esta manera que confiar completamente en una descripción por escrito de la operación. Con frecuencia se hacen, con otros fines, películas de *antes* y *después* de las operaciones importantes y, como es lógico, pueden servir también de complemento a la hoja de instrucciones normalizadas. No obstante, son pocas las Compañías que han considerado apropiado el uso de películas para los registros de *instrucciones normalizadas* en una forma general.

CAPITULO XXIII

RELACION ENTRE EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS Y LOS SISTEMAS DE PRIMAS POR RENDIMIENTO

Durante muchos años, dentro del campo del estudio de tiempos y movimientos, la atención se dirigió principalmente hacia el establecimiento de tiempos tipo para servir de base a los sistemas de primas por rendimiento. Aunque aún se emplea mucho el estudio de tiempos en conexión con los sistemas de primas, se ha visto que el estudio de movimientos es también una poderosa herramienta para reducir los costes; de hecho, hay mucha gente firmemente persuadida de que, potencialmente, es más valioso que el estudio de tiempos y las primas por rendimiento. Desde luego, los dirigentes de empresas estimulan, puesto que se benefician de ella, la más amplia aplicación del estudio de tiempos y movimientos. Además, el personal está más dispuesto a reaccionar favorablemente ante este programa, en particular porque el estudio de movimientos tiene como primer objetivo encontrar la forma más fácil y satisfactoria de realizar la tarea, con lo que, por lo regular, crece la producción sin que el operario tenga que aumentar su esfuerzo.

Necesidad de medir el resultado del trabajo.—La mano de obra es un factor importante en el coste de producir bienes manufacturados y la Dirección ha de considerar los costes de la mano de obra como todos los demás costes que entran en el funcionamiento de un negocio. Es tarea de la Dirección el ver que sus empleados no realizan trabajo inútil e innecesario. Todas las operaciones deben ser objeto de un análisis detenido en busca del mejor método para cada una de ellas. Siempre que sea posible se debe medir el trabajo e indicar al empleado cuál es el trabajo normal de un día para su tarea. En todas estas actividades, la Dirección no debe olvidar nunca que cada empleado es una persona y que se le ha de tratar como a tal. Si la Dirección espera ganar y conservar el interés y cooperación de sus empleados, ha de asegurarse de que toda acción de la Compañía les beneficiará individualmente. Se ha comprobado muchas veces que la actitud mental del operario, su moral, *voluntad de trabajo* y entusiasmo por la tarea y por la Compañía son de gran importancia para la Dirección y que los salarios por sí solos, por muy elevados que sean, no producirán necesariamente estos atributos deseables en la fuerza trabajadora.

La mayor parte de las cosas que tienen un valor se compran por medidas, esto es, se paga un precio por un número de unidades de

una mercancía dada, de calidad específica. Por ejemplo, el azúcar se compra por kilogramos; la tela, por metros, y la energía eléctrica, por kilovatios-hora. Cuando ha de medirse un solo factor, la unidad de medida no está relacionada más que con dicho factor. Así, por ejemplo, la distancia se medirá en unidades de longitud y la capacidad en unidades de volumen. No obstante, cuando hay dos factores comprendidos, como en el caso de la energía eléctrica, se han de incluir en la unidad de medida tanto el tiempo como la potencia.

Todo trabajo es, en gran parte, una combinación de esfuerzo mental y manual gastado en un período de tiempo dado. La mayor parte del trabajo de fábrica y mucho del de oficina es esencialmente manual y es este tipo de trabajo el que se está considerando en este libro.

Más que el esfuerzo desarrollado, son los resultados del trabajo los que determinan su valor. Esto es verdad, ya se trate de una persona que trabaja para sí misma o para otro. Es la productividad del obrero, el fruto de su trabajo, lo que da la medida de su valor para el patrono. Como es resultado de la aplicación de esfuerzo y está influido por su duración y su intensidad, la unidad de medida del trabajo realizado ha de incluir tanto la cantidad como el tiempo. Generalmente, la manera más eficaz de medirlo consiste en hacerlo en términos de cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, esto es, piezas por hora o toneladas por día. Ordinariamente se especifica una norma de calidad y solo se consideran como unidades acabadas aquellas que están de acuerdo con dichas normas.

Aunque se ha atacado el principio de pago de la mano de obra en proporción a su productividad, existen muchos puntos a su favor si se administra el plan debidamente. La mayor dificultad en la aplicación de un sistema de primas por rendimiento está en la determinación de la tarea normal. La respuesta a la pregunta *¿qué es lo que constituye el trabajo normal de un día?* es verdaderamente importante.

El estudio de movimientos y tiempos es el sistema más exacto conocido para medir la eficacia de la mano de obra y, aunque no sea una herramienta perfecta, dará resultados satisfactorios, tanto para el empleado como para el patrono, si el encargado de aplicarlo es una persona calificada y debidamente instruida.

En los años pasados, y desgraciadamente hasta cierto punto en la actualidad, se han fijado tiempos tipo tomando como base: 1) la ejecución anterior de los operarios; 2) estimaciones hechas por el inspector o por un *estimador*, y 3) un tiempo global para un lote de ensayo. Estos métodos de *medida* de lo que debe constituir el trabajo normal de un día no son nunca satisfactorios y no se deben utilizar. Para fijar normas de tiempos hay que recurrir a un estudio de tiempos con cronómetro, realizado por un analista competente, aunque el uso de datos elementales o predeterminados adecuados, o del muestreo de trabajo es también muy aceptable.

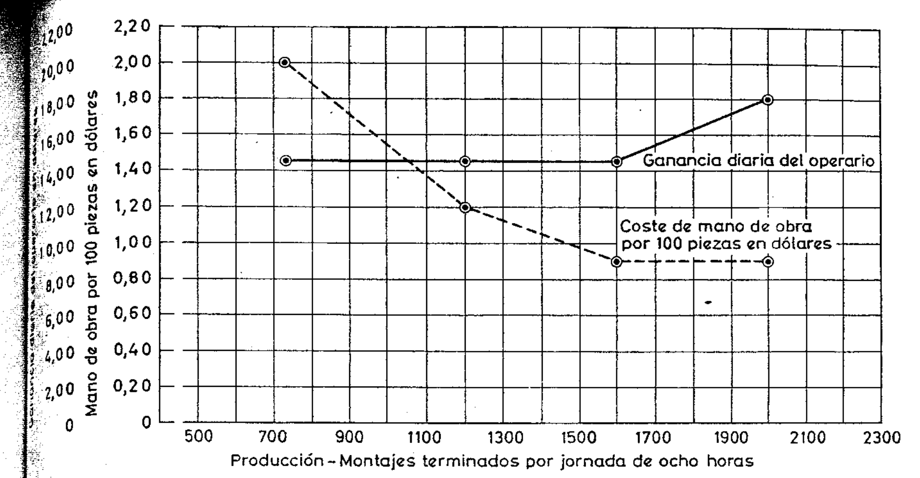
Efectos sobre el obrero del estudio de movimientos y tiempos y de la aplicación de un sistema de primas por rendimiento.—Las dos fases del estudio de movimientos y tiempos que más conciernen al obrero son: 1) perfeccionamiento del método de realizar un trabajo, y 2) fijación de un tiempo tipo, como base para un sistema de primas. Estas dos funciones afectan al operario de formas completamente diferentes. Ambas tienden a reducir el coste unitario de la mano de obra que ha de pagar el patrono, principalmente reduciendo el número de hombres-hora requeridos. Por consiguiente, ambas tienden a desplazar mano de obra de una operación determinada. Esto es, si se pueden lavar las ventanas de la fábrica y de las oficinas en la mitad del tiempo que el empleado anteriormente, gracias a un método bien estudiado y a la implantación de un sistema de primas por rendimiento, solo se necesitará la mitad de los empleados de limpieza de ventanas en la nómina de la Compañía.

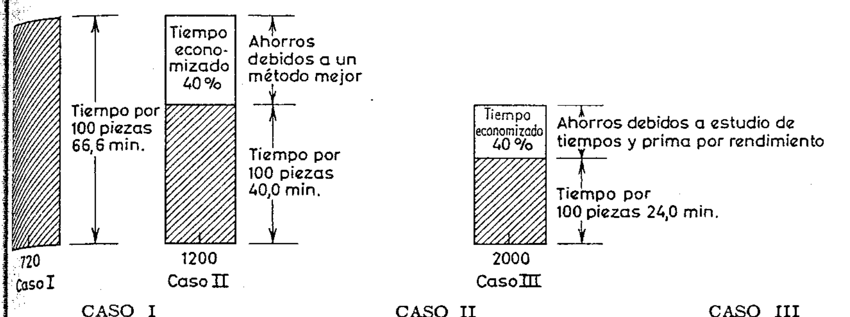
A este respecto, el estudio de movimientos y tiempos cae dentro de la categoría de la maquinaria y las herramientas, que, por su mayor eficacia, reducen los costes de mano de obra.

Todos sabemos que el alto nivel de vida de los Estados Unidos se ha conseguido gracias a la gran productividad de la mano de obra. Han reducido paulatinamente el número de hombres-hora necesarios por hectárea para plantar, cultivar y recoger las cosechas. El número de hombres-hora necesarios para extraer una tonelada de carbón se ha reducido a la mitad en los últimos cuarenta años, y la industria cada vez produce más con menos hombres-hora. Se ha demostrado fehacientemente que, a la larga, todo el mundo se beneficia de un aumento de la productividad (1). Cada empresa debe tener en cuenta que estos beneficios generales se obtengan sin pedir a nadie que trabaje demasiado ni crear paro, aunque solo sea temporalmente. Algunas Compañías garantizan a sus empleados que no se despedirá a nadie como resultado de la introducción de maquinaria nueva, perfeccionamiento de procesos o métodos o por la instalación de un sistema de primas por rendimiento.

El perfeccionamiento de los métodos facilita a menudo el trabajo lo suficiente para que el operario, con el mismo gasto de energía, pueda producir más unidades al día. Así, utilizando depósitos duplicados y una plantilla sencilla para el montaje de perno y arandelas descrito en el capítulo XVII, el operario pudo realizar la mitad más de trabajo en el

(1) Las siguientes líneas pertenecen al convenio colectivo entre la General Motors Corporation y las organizaciones obreras UAW (United Automobile Workers) y CIO (Congress of Industrial Organizations), del 20 de septiembre de 1961, pág. 77: "El coeficiente anual de aumento estipulado en este convenio da por admitido que la mejora continua del nivel de vida de los empleados depende del progreso técnico, de mejores herramientas, métodos, procedimientos y equipo y de la actitud de cooperación de todos en tal progreso. Reconoce además el principio de que, producir más con el mismo esfuerzo humano, es un sano objetivo económico y social."





CASO I

Método.—Montar una pieza cada vez. La mano izquierda sostiene el soporte, mientras la derecha monta las piezas. Método malo.

Inspección.—Mediocre.

Actuación del operario.—Mediocre.

Método de pago de salario.—Jornal. Tarifa horaria, 1,80 $. Ganancia diaria del operario = 14,40 $.

Producción media.—Tomada de registros anteriores = 720 piezas en la jornada de ocho horas. Tiempo medio por 100 piezas = 66,6 minutos.

Coste medio de la mano de obra por 100 piezas = 2.00 $.

CASO II

Método.—Montar dos piezas a la vez utilizando una plantilla especial. Método bueno.

Inspección.—Mediocre.

Actuación del operario.—Mediocre.

Método de pago de salario.—Jornal. Tarifa horaria, 1,80 $. Ganancia diaria del operario = 14,40 $.

Producción media.—Tomada de registros anteriores = = 1.200 piezas por jornada de ocho horas. Tiempo medio por 100 piezas = 40,0 minutos.

Coste medio de la mano de obra por 100 piezas = = 1,20 $.

CASO III

Método.—Montar dos piezas a la vez utilizando una plantilla especial. Método bueno.

Inspección.—Buena.

Actuación del operario.—Buena. El operario trabaja ahora con prima por rendimiento.

Método de pago de salario.—Proporcional al número de piezas, con una tarifa mínima garantizada de 1,80 $ por hora. Tiempo tipo por 100 piezas, fijado por estudio de tiempos = 30,0 minutos. Pago por 100 piezas = = 0,90 $. Producción normal diaria = 1.600 piezas. Número medio de piezas producidas al día por este operario = 2.000. Ganancias medias diarias de este operario = 18,00 $.

Coste medio de la mano de obra por 100 piezas = = 0,90 $.

OPERACION: Montar soporte para rectificadora de banco.
OPERARIO: H. G. Meyers, núm. 746.231.
JORNAL BASE: 1,80 $ por hora, jornada de 8 horas, semana de 40 horas.
SISTEMA DE PRIMAS: Proporcional al número de piezas.

FIG. 208.—Relación del estudio de movimientos y tiempos con las primas por rendimiento.

mismo tiempo. Esta fase del estudio de movimientos y tiempos permite la realización de más trabajo sin pedirle al operario que gaste más energía.

En contraste con esta primera, la segunda fase del estudio de movimientos y tiempos, referente a la fijación de un tiempo tipo para utilizarlo como base de un sistema de primas, reduce los hombres-hora, ofreciendo pagar más salario al operario si realiza más trabajo en un período de tiempo dado. Para ganar este premio extra, el operario producirá más, especialmente por la eliminación del tiempo inactivo, por una concentración mayor sobre el trabajo y por un gasto superior de energía.

Posiblemente, un ejemplo dará más luz a lo que acabamos de decir. Este caso no solo indicará cómo afectan ambas fases del estudio de movimientos y tiempos al empleado a través del aumento en las ganancias, sino también cómo afecta al patrono, debido a la disminución en el coste de mano de obra directa del producto. Se supone que no se aumenta el salario del operario cuando solo se perfeccionan los métodos.

La operación es el montaje de un soporte para el material en una rectificadora de banco. Los datos de la figura 208 muestran un ahorro de tiempo del 40 por 100, debido a un perfeccionamiento en el método de montaje del soporte. El operario trabajó sin prima por rendimiento en los casos I y II, esto es, se le pagaba una retribución base horaria independientemente de la producción. En ambos casos hacía aproximadamente el mismo esfuerzo físico y prestaba igual atención mental. No obstante, en el caso I hacía 720 montajes al día, mientras que en el caso II hacía 1.200 en el mismo tiempo. Se obtuvo este aumento de la producción no por trabajar más de prisa, sino gracias a una mejor disposición del lugar de trabajo y de la utilización de una plantilla especial, que le permitía emplear mejor las manos. Podía realizar más trabajo en el mismo tiempo y con idéntico gasto de energía, porque podía montar el soporte con menos movimientos, sin fatigarse sosteniendo las piezas y con un ritmo fácil, que no era posible en el caso I.

En el caso III se fijó un tiempo tipo por medio de un estudio de tiempos con cronómetro y se estableció un salario por piezas para la operación. Ahora el operario tenía la oportunidad de ganar más que su salario base garantizado de 14,40 dólares por día. En efecto, pudo hacer un trabajo un 25 por 100 superior al normal, y, como consecuencia, ganó 18 dólares por día.

El aumento de producción resultante de la aplicación del salario por piezas se debió a que el operario trabajó más intensamente que en el caso II. Esto es, trabajó con mayor regularidad durante el día, eliminó el tiempo inactivo, consumió menos tiempo en necesidades personales y, posiblemente, charló menos con sus compañeros. Empezó a trabajar con puntualidad y continuó haciéndolo hasta la hora de salida, concentrándose en su trabajo durante todo el día. Aunque es probable que el operario utilizara los mismos movimientos en el caso III que en el II para completar el ciclo, es seguro que desplegó un esfuerzo mayor en el caso III que en el II. La causa de esto hay que verla en el incentivo de una paga mayor por una mayor producción. También es probable que el operario se sintiera más cansado al final de la jornada en el caso III que en el II.

Se ve bien claro, por consiguiente, que el aumento de la producción por el perfeccionamiento del método no causa generalmente un aumento en la fatiga del operario. En efecto, el método perfeccionado suele ser más fácil y satisfactorio y menos cansado que el método original. En cambio, la aplicación de un sistema de primas hace que el operario trabaje más intensamente. El esfuerzo del trabajador dependerá de su propia inclinación y de su aptitud para la tarea. Con un pago directo por pieza o con un sistema de primas del 100 por 100, el salario está en proporción directa a la producción.

Para el patrono, la aplicación del estudio de movimientos redujo el coste de mano de obra directa en un 40 por 100, y el establecimiento del salario por piezas y del sistema de primas lo redujo otro 40 por 100. El coste de mano de obra directa era de 2 dólares por 100 piezas en el caso I, 1,20 dólares en el caso II y 0,90 dólares en el caso III, lo que se representa gráficamente en la curva de la parte superior de la figura 208.

Formas en que aumentan la producción el estudio de movimientos y tiempos y las primas por rendimiento. — Frecuentemente se formula la pregunta de por qué suele haber una diferencia tan grande entre la producción de una persona pagada a jornal, sin normas de producción establecidas para su tarea, y la producción de la misma persona una vez fijados los tiempos tipo y utilizando un sistema de primas por rendimiento.

Existen tres razones principales de que el estudio de movimientos y tiempos y la aplicación de un sistema de primas determinen una producción diaria mayor de la mano de obra directa.

1) Los métodos de trabajo perfeccionados permiten al operario producir más con el mismo esfuerzo. En algunas empresas se suelen perfeccionar los métodos antes de comenzar el estudio de tiempos. Incluso si no se sigue este procedimiento, todavía es posible obtener algún perfeccionamiento en los métodos como resultado del trabajo preliminar provocado por el estudio de tiempos.

En algunas fábricas, especialmente en aquellas que cuentan con una inspección deficiente, se puede encontrar trabajos que se realizan sin método ni plan adecuado, falta de normalización y una idea escasa o nula de lo que debe ser el trabajo de un día. En estas fábricas, la variación de los materiales con respecto a los normalizados puede obligar al operario a trabajar despacio o a ejecutar operaciones extra, provocan-

do una producción horaria baja. Pueden surgir retrasos por no estar bien conservados la maquinaria o el equipo. La falta de trabajo, los retrasos por afilado de herramientas y la inspección inadecuada pueden causar la inactividad del operario. El estudio de tiempos revelaría estas ineficiencias y un sistema de primas por rendimiento requeriría su corrección. La normalización de materiales, métodos, herramientas, equipo y condiciones de trabajo *han de preceder siempre* a la instalación de un sistema de primas, siendo todo esto de incumbencia de la Dirección.

2) Si el empleado conoce lo que es el trabajo normal de un día y se le paga una bonificación por el trabajo producido por encima de él, en la mayor parte de los casos eliminará por sí mismo las pérdidas de tiempo que dependan de él, tal como entrar tarde, salir pronto e inactividad innecesaria durante el día. Es más: presionará a la Dirección para que elimine las causas del tiempo inactivo que se hallan fuera de su control, tales como la escasez de materiales, averías de las máquinas y retraso en el afilado de las herramientas.

La figura 209 muestra gráficamente el resultado del estudio sobre la producción de todo un día en una operación de ciclo corto de una fresadora manual. El operario trabajaba en un lugar apartado de la fábrica y existía poca inspección sobre la operación que él realizaba; pues bien, en el día que se hizo el estudio perdió 38,9 minutos, debido a que inició el trabajo con retraso y lo abandonó antes de tiempo, y 32,9 minutos por otras razones personales. Aunque en esta clase de trabajo posiblemente se le pudiera asignar un suplemento del 10 por 100 por necesidades personales y fatiga, o sea 48 minutos al día, en realidad este operario se tomaba un total de 71,8 minutos, lo que supone 23,8 minutos más de los 48 minutos concedidos. En la mayor parte de las fábricas bastaría un incentivo económico y un poco de estímulo para persuadir a dicho operario a que trabajase durante los 23,8 minutos perdidos.

El tiempo tipo debería fijarse de forma que una persona calificada, trabajando a marcha normal durante 432 minutos (480 — 48 = 432) al día, produjera 432 minutos tipo de trabajo. Como muestran los datos de la figura 209, este hombre produjo a una marcha media de 102 por 100 durante el tiempo que estuvo verdaderamente trabajando. No obstante, solo produjo 799 piezas en la jornada de ocho horas. De haber trabajado a la misma marcha de 102 por 100 durante los 432 minutos, habría producido 881 piezas. Como es natural, la producción perdida por la avería de 16,5 minutos de la máquina estaba fuera del control del operario.

Algunas personas prefieren trabajar durante todo o parte del tiempo asignado para necesidades personales y fatiga. Como es natural, cuando no hay períodos fijos de descanso se le paga al obrero la producción obtenida en este tiempo. Hay que hacer observar que los suplementos por fatiga tienen por finalidad permitir un descanso al operario para que se recupere durante la jornada de trabajo y se espera que la mayor parte

de los obreros destinen el tiempo a este fin. No obstante, parece que algunos obreros no necesitan este tiempo para el descanso y prefieren trabajar toda la jornada seguida, con solo la parada del mediodía.

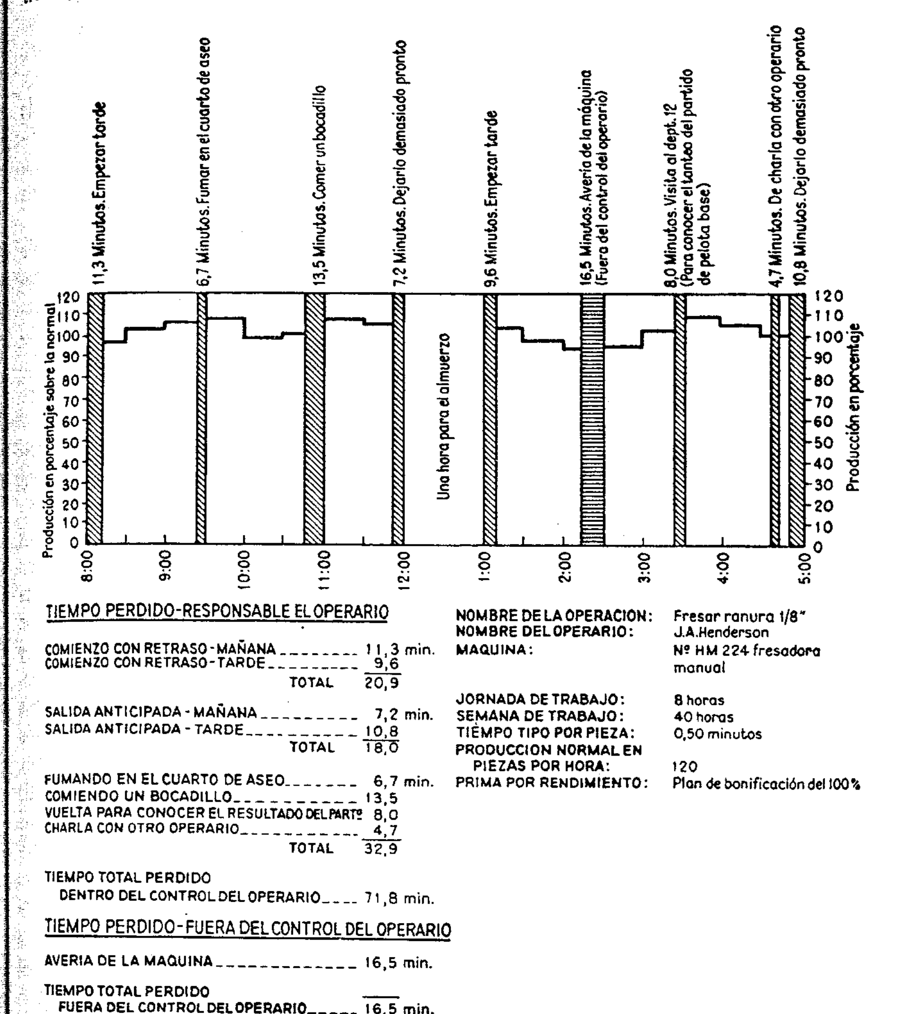


FIG. 209.—Curva de producción de un día. La producción viene expresada en porcentaje, siendo 100 por 100 la actuación normal.

3) Como se fija el trabajo normal para que el operario calificado pueda excederlo con facilidad y ganarse así una compensación adicional, la prima por rendimiento sirve para animar a los obreros a que aumen-

ten su velocidad y consigan más trabajo por hora que lo que producirían normalmente. Si la eficiencia del operario estudiado en la figura 209 era 102 por 100 durante su tiempo de trabajo cuando se le pagaba a jornal, hay que esperar una mayor rapidez en el trabajo si recibe una remuneración adicional por el trabajo producido más allá del normal.

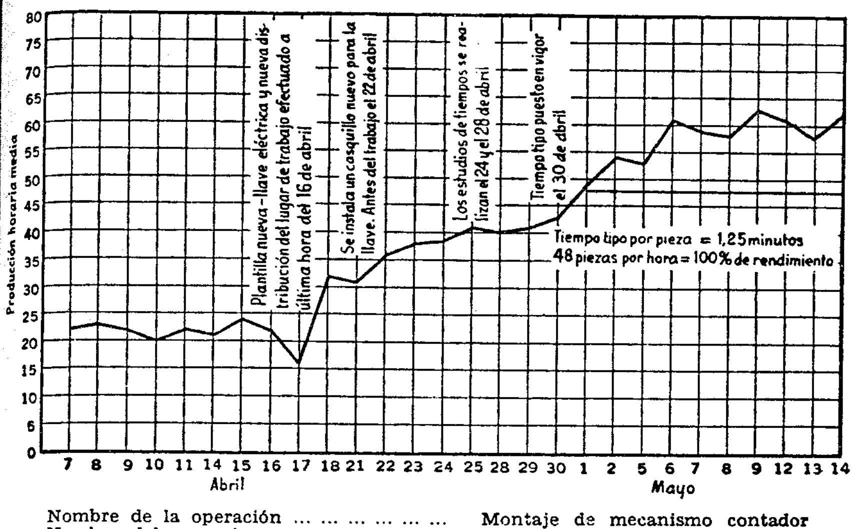
Casi todos los obreros comprueban que pueden exceder la producción horaria definida como *actuación normal*. La producción media de un grupo de operarios calificados trabajando con primas por rendimiento la supera de un 15 a un 35 por 100. Un estudio sobre 82 Compañías mostró que la producción media era de un 29 por 100 por encima de la normal (2).

La medida del trabajo sirve para establecer la cantidad normal de trabajo y el sistema de primas por rendimiento sirve para pagar al obrero la producción que supera la normal. El esfuerzo que realiza un empleado en un momento dado o en un día definido es una cuestión puramente personal. A cada persona se le garantiza su salario horario, independientemente de su producción.

Una aplicación del estudio de movimientos y tiempos y de las primas por rendimiento.—Frecuentemente la demanda de un producto excede a la prevista y, a fin de satisfacerla, se hacen horas extraordinarias o se compran más máquinas, sin o con muy poco cambio en los métodos de producción. No obstante, eventualmente, se realizará un análisis más meticuloso, y algunas empresas lo efectúan precisamente en el momento en que implantan un sistema de primas. A continuación se explica un caso en el que se registran, día por día, los pasos dados y los resultados que se obtuvieron en una tarea. La operación era un montaje bastante complicado, en el que había ajuste y calibrado. Se había realizado la tarea a jornal durante una semana, en la cual la producción media del operario ascendió a unas 22 piezas por hora (véase Fig. 210).

El encargado sugirió un método nuevo y se construyó una plantilla especial, que se instaló al final de la jornada de trabajo del día 16 de abril. Esta plantilla y la nueva disposición del lugar de trabajo permitieron al operario hacer los montajes más rápidamente que antes, pero se encontraron dificultades con la llave de tubo. El operario estaba satisfecho con la nueva disposición, pero se quejó de que la llave mecánica era demasiado pequeña para las tuercas. La producción bajó a 16 piezas por hora, principalmente por causa de las dificultades encontradas con la llave. El día 17 de abril, después del trabajo, el encargado trató de agrandar el tubo, pero el operario encontró también algunas dificultades al día siguiente y se encargó una llave de tubo nueva. Sin embargo, el día 18 de abril la producción subió a 32 piezas por hora. En la mañana del 22 de abril se instaló una nueva llave de tubo, más fácil de manejar, y se aumentó la producción a 36 piezas por hora. Gradualmente subió la producción hasta unas 40 piezas por hora. El operario se encontraba un poco perplejo de la cantidad de trabajo que sacaba al día. El 24 y el 28 de abril se hizo un estudio de tiempos, fijándose la producción normal en 48 piezas por hora. La nueva norma se puso en efecto el 30 de abril. Al día siguiente, la producción horaria media fué de 49

(2) *Industrial Engineering Survey*, de RALPH M. BARNES, Universidad de California, 1963.



Nombre de la operación	Montaje de mecanismo contador
Nombre del operario	Henry S. Boyd
Jornada de trabajo	8 horas
Semana de trabajo	40 horas
Tiempo tipo por pieza	1,25 minutos
Producción tipo en piezas por hora	48
Prima por rendimiento...	100 %

FIG. 210.—Curva de producción en la que se muestran los efectos de la aplicación de un sistema de primas por rendimiento. La producción viene expresada en piezas por hora.

piezas por hora y al siguiente subió a 54 piezas por hora. En esta operación, la producción se estabilizó entre las 58 y 60 piezas hora, lo cual representa un rendimiento del 120 al 125 por 100. Con este nivel de producción, el operario obtenía una prima comprendida entre el 20 y el 25 por 100, es decir, un 20 a un 25 por 100 más de dinero que lo que le hubiera sido posible antes de instalarse el sistema de primas por rendimiento.

Distribución del índice de actuación de los operarios antes y después de la aplicación de un sistema de primas por rendimiento.—Durante la implantación de un sistema de primas por rendimiento, en una

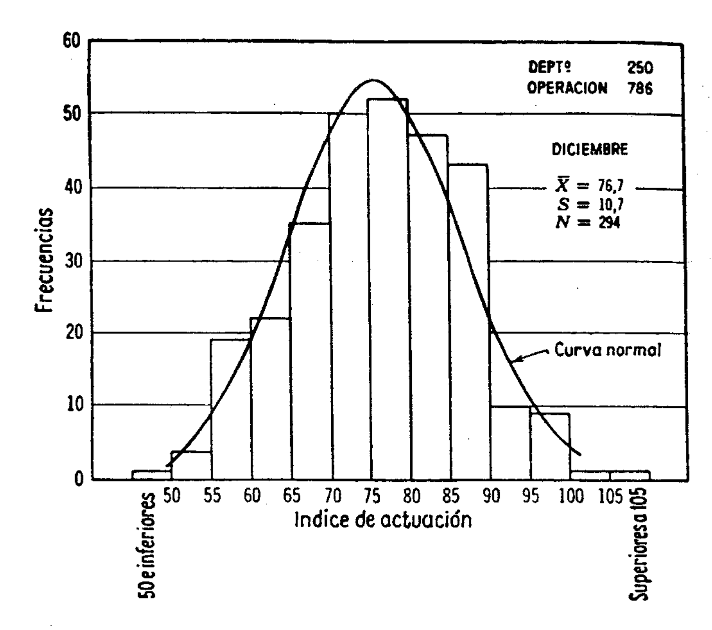


FIG. 211.—Curva de distribución del índice diario de actuación de los trabajadores en el departamento de montaje final durante el mes de diciembre, período inmediatamente anterior a la puesta en práctica del sistema de primas

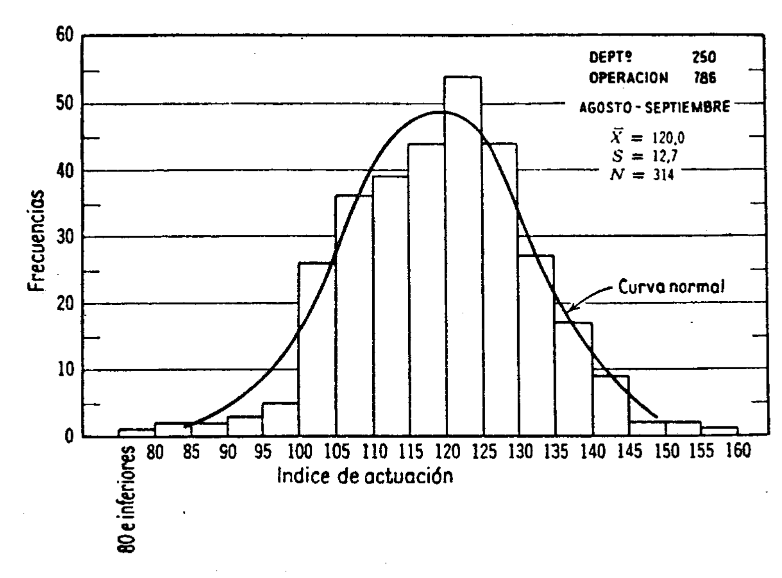


FIG. 212.—Curva de distribución del índice diario de actuación de los trabajadores en el mismo departamento, ocho meses después de la implantación del sistema de primas por rendimiento

fábrica de cerraduras, se obtuvieron algunos datos de interés sobre el índice de actuación de los operarios (3). Una vez normalizados los métodos y condiciones de trabajo y fijados los tiempos tipo, fue necesario aplazar durante varios meses la aplicación efectiva del sistema de primas. Durante este período, se registraron y archivaron las producciones obtenidas y se calculó el índice diario de actuación de cada operario, como si hubiera que pagarle una prima por rendimiento, aunque solo se le entregaba su jornal diario. La figura 211 representa la curva de distribución relativa a los 294 trabajadores del departamento de montaje final durante el mes de diciembre, período inmediatamente anterior a la puesta en práctica del sistema de primas por rendimiento. El índice medio de actuación de este grupo fue 76,7 por 100. La figura 212 representa la curva de distribución para el mismo departamento, después de unos ocho meses de aplicación del sistema de primas. El índice de actuación aumentó a 120 por 100, pero la forma general de la curva de distribución no difiere sensiblemente de la representada en la figura 211.

(3) DONALD C. DEMANGATE: "Statistical Evaluation of Worker Productivity", *Proceedings Sixth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, págs. 89-91.

CAPITULO XXIV

ESTUDIO DE TIEMPOS: EQUIPO NECESARIO; REALIZACION DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

En la actualidad, el estudio de tiempos con cronómetro es el método de medida del trabajo que se emplea con más frecuencia. No obstante, como se explicará más adelante, existe un lugar bien definido para el uso de los tiempos tipo establecidos mediante datos elementales, tiempos predeterminados y muestreo de trabajo. La figura 213 muestra, en forma resumida, los diferentes métodos y dispositivos empleados para la medida del trabajo.

En este capítulo y en los nueve siguientes se hablará de cada uno de los distintos métodos de determinar el tiempo tipo necesario para realizar una tarea determinada. Este capítulo describe el equipo empleado y la forma de realizar un estudio de tiempos. Los capítulos XXV y XXVI tratarán de cómo se determinan el factor de valoración, el tiempo tipo y los suplementos. En el capítulo XXVII se exponen los recientes progresos en el estudio mecanizado de tiempos y el empleo de los sistemas de elaboración electrónica de datos para la medida del trabajo. Los capítulos XXVIII, XXIX y XXX, se refieren a los datos de tiempos elementales y a las fórmulas para establecer sintéticamente los tiempos tipo, y los capítulos XXXI y XXXII muestran cómo pueden emplearse también los tiempos predeterminados para obtener el tiempo tipo de una operación sin necesidad de cronómetro. El capítulo XXXIII es una descripción bastante completa del muestreo de trabajo, una herramienta relativamente nueva, pero extremadamente útil para la medida del trabajo.

Definición del estudio de tiempos.—Se utiliza esta clase de estudio para determinar el tiempo requerido por una persona calificada, trabajando a una marcha normal, para realizar un trabajo específico. Esta es la tercera parte de la definición del estudio de movimientos y tiempos dada en la página 1. Hay que hacer observar que mientras el estudio de movimientos es, en gran parte, análisis, el estudio de tiempos entraña mediciones. El estudio de tiempos se utiliza para medir el trabajo y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada a la tarea, e instruida en el método específico, para ejecutar dicha tarea si trabaja a una marcha normal. A esto es a lo que se llama *tiempo tipo* de la operación.

Sin medida	POR ESTIMACION*	Hecha generalmente por una persona experimentada
	POR ANTERIOR ACTUACION*	Tomada de los archivos de la Empresa
Métodos y dispositivos para la medida del trabajo	ESTUDIO DE TIEMPOS	Datos obtenidos por medio de: (a) Cronómetro 1. Decimal de minuto 2. Decimal de hora (b) Cámara tomavistas 1. De poca velocidad - 50 ó 100 imágenes por minuto. Con dispositivo para toma de vistas a grandes intervalos de tiempo. Accionamiento por motor eléctrico o solenoide. 2. De velocidad normal - 960 imágenes por minuto. Accionada por resorte o por motor eléctrico 3. De velocidad normal modificada - 1000 imágenes por minuto. Accionada por motor eléctrico. 4. De velocidad sónica - 1440 imágenes por minuto. Accionada por motor eléctrico o por resorte. 5. De gran velocidad - 64 a 128 imágenes por segundo. Accionada por motor o por resorte. 6. De muy gran velocidad - 1000 a 3000 imágenes por segundo. Accionada por motor eléctrico. (c) Máquinas con cinta o disco móvil 1. Máquinas de estudio de tiempos, tales como el Marstocron 2. Cinégrafos, como el registrador Esterline - Angus. 3. Registrador Servis. (d) Cronógrafo electrónico - información y datos de tiempo perforados sobre la cinta. Máquinas como las construidas por IBM y R.R. Donnelley and Sons Co.
	DATOS ELEMENTALES	Información obtenida del estudio de tiempos o de tiempos predeterminados.
	TIEMPOS PREDETERMINADOS	Algunos sistemas empleados corrientemente (por orden de fechas en que fueron aplicados o publicados por primera vez) (a) Análisis de tiempos de movimientos (MTA, Motion-Time Analysis). (b) Factores de trabajo (Work Factor). (c) Tiempos predeterminados para trabajos de montaje. (Tiempos de "coger" y "colocar"). (d) Medida del tiempo de los métodos (MTM, Methods-Time Measurement). (e) Estudio de tiempos de movimientos básicos (BMT, Basic Motion Timestudy). (f) Tiempos de Movimientos Dimensionales (DMT, Dimensional Motion Times).
	MUESTREO DE TRABAJO	Medidas por muestreo estadístico (a) El observador obtiene y registra los datos 1. Registra y analiza los datos manualmente 2. Registra y analiza los datos con equipo y tarjetas sensibles IBM (b) Registro de información con cámara tomavistas 1. El registro y análisis de los datos de la película se realiza manualmente 2. El registro de los datos de la película se realiza con tarjetas IBM. El análisis de los datos con máquina IBM.

* Frecuentemente utilizados con fines presupuestarios y de estimación de costes, pero no recomendables en la determinación de tiempos tipo para mano de obra directa, con el objeto de establecer primas por rendimiento.

FIG. 213.—Métodos y dispositivos para la medida del trabajo.

Usos del estudio de tiempos con cronómetro.—Aunque el estudio de tiempos con cronómetro ha tenido su mayor uso en la determinación de tiempos tipo en relación con los sistemas de primas por rendimiento, se le utiliza en la actualidad para una serie de fines diferentes. El estudio de tiempos con cronómetro puede emplearse para:

1. Determinar programas y planificar el trabajo.
2. Determinar costes tipo y ayudar en la preparación de presupuestos.
3. Estimar los costes de un producto previamente a su fabricación. Esta información es valiosa para la preparación de ofertas y para la determinación de precios de venta.
4. Determinar la eficacia de las máquinas, número de éstas que puede manejar una persona, número de personas necesarias en un grupo o cuadrilla y para ayudar a equilibrar las líneas de montaje y el trabajo realizado en transportador.
5. Determinar tiempos tipo que han de utilizarse como base para la aplicación de un sistema de primas por rendimiento a la mano de obra directa.
6. Determinar tiempos tipo que se han de utilizar como base para el pago de la mano de obra indirecta, como transportistas e instaladores.
7. Determinar tiempos tipo, que servirán de base para el control de coste de la mano de obra.

Equipo de estudio de tiempos.—El equipo necesario para realizar un estudio de tiempos consiste en un dispositivo de cronometraje y equipo auxiliar. Los dispositivos de medida de tiempo son: 1) cronómetro; 2) cámara tomavistas (accionada por motor de velocidad constante o con un microcronómetro en la fotografía para indicar el tiempo), y 3) máquina registradora del tiempo. El equipo auxiliar consta de un tablero de observación, tacómetro y regla de cálculo.

Cronómetros decimales.—El cronómetro es el instrumento que más se emplea para la medida del tiempo. Los dos únicos tipos de cronómetros utilizados en el estudio de tiempos son el decimal de minuto y el decimal de hora, aunque el primero se utiliza más que el segundo. Sin embargo, la cámara tomavistas y la máquina registradora de tiempos hallan una aplicación creciente en este campo.

El cronómetro decimal de minuto (véase Fig. 214) tiene la esfera dividida en 100 espacios iguales, cada uno de los cuales representa 0,01 minutos; la manecilla grande da una vuelta completa por minuto. El reloj tiene una esfera pequeña dividida en 30 espacios, cada uno de los cuales representa un minuto, y en la que la manecilla da una vuelta en 30 minutos. Las manecillas del reloj se manejan mediante la corredera *A* y el vástago de dar cuerda *B*, que se muestran en la figura 214.

La puesta en marcha y parada del cronómetro se regulan mediante la corredera. Se puede parar la manecilla en una posición cualquiera y luego hacerla reanudar la marcha desde esa posición. Oprimiendo la parte superior del vástago *B* vuelve la manecilla a cero, pero comienzan a andar inmediatamente después de soltar el vástago. Se puede mantener en cero la manecilla, conservando oprimido el vástago o empujando la corredera *A* en dirección opuesta al vástago.

El cronómetro decimal de hora es como el decimal de minuto, tanto en diseño como en funcionamiento. Pero tiene la esfera dividida en 100 partes iguales, cada una de las cuales representa 0,0001 horas y la manecilla da 100 revoluciones por hora. La esfera pequeña está dividida en 30 espacios, cada uno de los cuales representa 0,01 horas y la manecilla da 3 1/3 vueltas por hora. La principal ventaja de este cronómetro consiste en que las lecturas se hacen directamente en fracciones de hora, que es la unidad común de medida de tiempo en la industria. Su principal desventaja radica en que es más difícil manejar cuatro cifras decimales que dos. Esto se hace más evidente cuando se registran los datos del cronómetro en las hojas de observación.

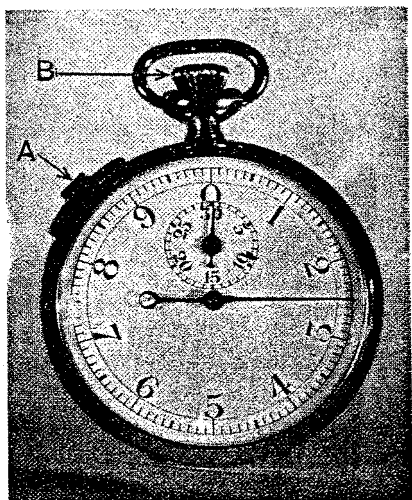
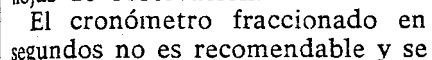


FIG. 214.—Cronómetro decimal de minuto.


El cronómetro fraccionado en segundos no es recomendable y se utiliza poco en los trabajos de estudio de tiempos.

La cámara tomavistas.—El tiempo para los elementos de una operación puede obtenerse de una película de la operación, tomada con cámara tomavistas, accionada por motor síncrono (véase Fig. 215) de velocidad conocida o colocando un microcronómetro en el campo de la cámara al impresionar la película. En el capítulo XIII se ha explicado el método de realizar estas películas.

La velocidad de la cámara utilizada con más frecuencia es de 1.000 vistas por minuto, lo que permite la medida del tiempo en milésimas de minuto. La película de una operación es a la vez registro permanente del método utilizado y del tiempo de cada elemento de la operación. Incluso puede proyectarse la película a la velocidad exacta a que se tomó, lo que permite una comprobación de la actuación del opera-

rio. En otras palabras, se puede valorar la velocidad del operario, esto es, relacionarla con la actuación tipo. Desde luego, pueden emplearse cámaras de velocidades superiores a 1.000 imágenes por minuto, así como también dispositivos para tomar 50 ó 100 imágenes por minuto.

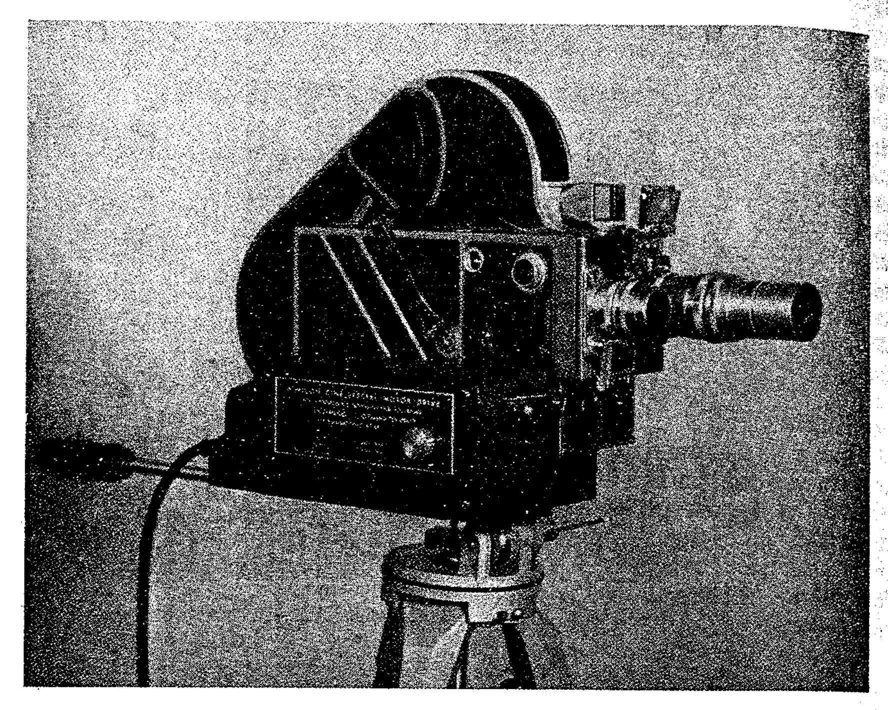


FIG. 215.—Cámara tomavistas accionada por motor síncrono de velocidad constante, a 1.000 imágenes por minuto.

Máquinas de registro de tiempos.—Durante una serie de años se han utilizado en los Estados Unidos, y en otros países, máquinas para registrar el tiempo sobre una cinta de papel, que se mueve a una velocidad uniforme.

La máquina de registro de tiempos consiste en una caja pequeña, por la cual pasa una cinta de papel, movida por un motor eléctrico, a una velocidad uniforme de 25,4 cm por minuto. La cinta lleva impresa una escala en cuartos de centímetro, por lo que una división equivale a 0,01 minutos. La máquina tiene dos teclas que, al ser pulsadas, hacen una marca en la cinta. El comienzo de un elemento se registra generalmente pulsando ambas teclas y el final del elemento pulsando una solamente. Se necesita también disponer de circuitos eléctricos cuyo voltaje sea adecuado para el motor de la máquina registradora. Esta se puede utilizar en lugar del cronómetro, y permite al analista medir elementos más cortos de los que podría obtener con un cronómetro. Parece que la mayor utilidad de esta máquina se logra cuando hay que cronometrar ciclos cortos y el operario sigue una rutina dada, sin la introducción de muchos elementos externos.

El registrador Servis es un instrumento accionado por resorte que registra el tiempo sobre un disco de papel recubierto de cera, mediante un estilete sujeto a un péndulo pequeño situado en el interior del instrumento. Se fija el registrador a una máquina o pieza del equipo, y la vibración de la máquina hace que el estilete registre *el tiempo de trabajo* sobre el disco. Cuando se para la máquina, se para también el péndulo y el instrumento registra *tiempo inactivo* en el disco, el cual está dividido en horas y minutos e indica la duración del tiempo de trabajo o del tiempo inactivo, así como el momento del día en que tiene lugar. Este instrumento resulta muy adecuado para el registro de esperas y tiempo perdido y no se utiliza para estudios de tiempos.

En el capítulo XXVII se describe un aparato electrónico de modelo reciente, que se emplea para estudios de tiempos y es capaz de medir, registrar y calcular automáticamente el tiempo.

Tablero de observación.—Para sostener el papel y el cronómetro se utiliza un tablero de poco peso y ligeramente mayor que la hoja de observación. Hay muchas disposiciones diferentes; pero lo mejor parece ser montar rígidamente el reloj en cualquier sitio cerca del ángulo superior derecho del tablero y sujetar las hojas de observación mediante una pinza situada a un lado o en la parte superior del tablero. La forma del tablero de observación comúnmente utilizada es la mostrada en la figura 216. Como, en la mayor parte de los casos, el analista ha de registrar los datos estando en pie, es preferible tener dispuesto el reloj y las hojas de la forma más conveniente posible.

Cuando se está realizando el estudio con cronómetro, el observador debe sujetar el tablero contra su cuerpo y su brazo izquierdo, de forma que pueda manejar el cronómetro con el pulgar y el dedo índice de la mano izquierda, dejando libre la mano derecha para registrar los datos.

Estando en pie en la posición correcta para el trabajo que se observa y sosteniendo el tablero de forma que la esfera del reloj quede dentro de la línea de visión, el observador puede concentrarse más fácilmente sobre las tres cosas que piden su atención, esto es, el operario, el reloj y la hoja de observación.

La hoja de observación es un impreso, con los espacios necesarios

para anotar la información deseada sobre la operación que se estudia. Esta información incluye generalmente una descripción detallada de la operación, nombre del operario, nombre del observador del estudio de tiempos, fecha y lugar del estudio. El impreso ofrece también espacio

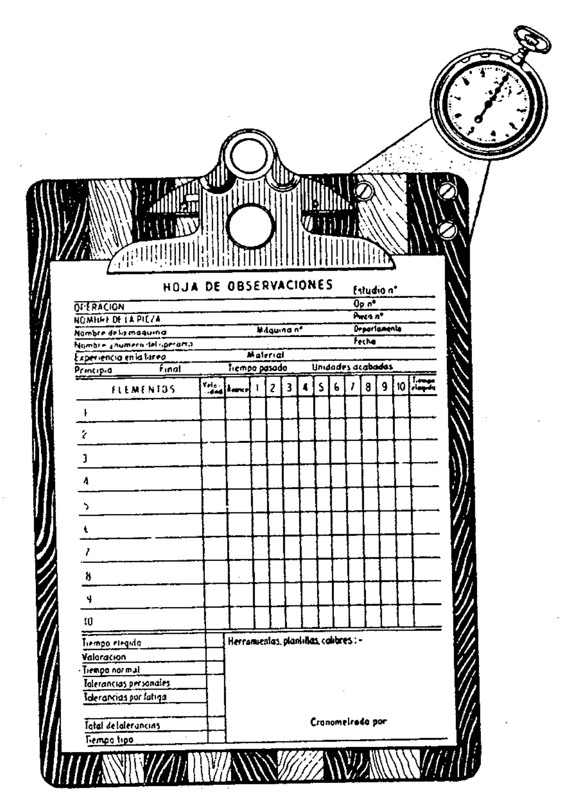


FIG. 216.—Tablero con hoja de observación para el registro de datos tomados por el método de repetición.

para anotar las lecturas del cronómetro para cada elemento de la operación, registrar las valoraciones de la actuación del operario y para cálculos. Se puede dejar un espacio para hacer un esquema del lugar de trabajo, o un dibujo de la pieza y para las especificaciones del material, plantilla, calibres y herramientas.

Las hojas de observación difieren grandemente en cuanto a tamaño y disposición, aunque se utiliza mucho la de 216 por 280 mm, especialmente por la facilidad de encuadernación y archivo. Las hojas de observación mostradas en las figuras 217, 237 y 241 han resultado satis-

factorias en industrias que fabrican productos diversos. Algunas empresas han considerado conveniente adjuntar a la hoja de observaciones una hoja de cálculos separada (véase Fig. 243) y una hoja conteniendo una descripción más completa de cada elemento (véase Fig. 246).

Otro equipo.—Cuando se estudian operaciones con máquinas-herramientas, se necesita un indicador de velocidades o un tacómetro. Conviene siempre que el analista compruebe las velocidades y avances al hacer un estudio con cronómetro, aunque la máquina tenga una tabla en la que se dé esta información para cada situación de las palancas de velocidad y avance.

Se recomienda a todo analista de estudio de movimientos y tiempos el uso de una regla de cálculo corriente, como ayuda valiosa y economizadora de tiempo. Pueden comprarse o construirse reglas de cálculo especiales y utilizarlas provechosamente en ciertas clases de trabajo.

Realización del estudio de tiempos.—El procedimiento exacto de hacer un estudio de tiempos con cronómetro puede variar algo, según sea el tipo de la operación que se estudia y el uso que ha de hacerse de los datos obtenidos. No obstante, por lo general, se requiere dar los ocho pasos siguientes:

1. Obtener y registrar información sobre la operación y operario que se estudia.
2. Dividir la operación en elementos y anotar una descripción completa del método.
3. Observar y registrar el tiempo empleado por el operario.
4. Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse.
5. Valorar la actuación del operario.
6. Comprobar que se ha cronometrado un número suficiente de ciclos.
7. Determinar los suplementos.
8. Determinar el tiempo tipo para la operación.

Petición de estudio de tiempos.—No se hace un estudio de tiempos a no ser que lo pida una persona autorizada. Por lo general, es el encargado del taller el que pide se haga un estudio de tiempos, aunque lo pueden solicitar otros miembros de la empresa, como el director de la fábrica, el ingeniero jefe, el inspector de control de producción o el jefe de contabilidad de costes.

Si se ha de establecer un tiempo tipo para una nueva tarea, con el fin de implantar un sistema de primas, el encargado es el responsable, en la mayor parte de las fábricas, de comprobar que se está haciendo la operación satisfactoriamente antes de pedir que se haga el estudio. Ha de ver, igualmente, que los operarios han aprendido bien la tarea

y que están siguiendo el método prescrito. De antemano, el encargado debe avisar a los operarios de que se va a hacer un estudio de tiempos, manifestando, a la vez, los fines que se persiguen.

Solo los miembros del departamento de estudio de tiempos deben hacer los estudios de tiempos con cronómetro, no permitiendo su realización a personas no autorizadas, aunque los fines no sean la implantación de sistemas de primas.

¿Está dispuesta la tarea para el estudio de tiempos?—Después de que el departamento de estudio de tiempos ha recibido la petición de que se haga un estudio y se haya nombrado al analista que lo va a realizar, este debe ver la operación junto con el encargado. Mientras examinan los elementos que la integran, el analista debe formularse la pregunta *¿Está esta operación dispuesta para el estudio de tiempos?*

No será correcto el tiempo tipo establecido para una tarea si se ha cambiado el método de realizar ésta, si los materiales no están de acuerdo con las especificaciones o si otras condiciones del trabajo son diferentes a las que había en el momento en que se hizo el estudio de tiempos original. Por consiguiente, el observador de tiempos examina la operación que se pretende estudiar, con el fin de sugerir cualquier cambio que crea puede efectuarse antes de hacer el estudio.

Aunque es posible que el encargado haya preparado la tarea originalmente o comprobado el método con el ingeniero de procesos que la instaló, el analista de estudio de tiempos debe someter cada fase del trabajo a una serie de preguntas como las siguientes:

1. ¿Puede aumentarse la velocidad o el avance de la máquina sin afectar la vida óptima de la herramienta o sin perjudicar la calidad del producto?
2. ¿Pueden hacerse cambios en el herramental para reducir el tiempo del ciclo?
3. ¿Pueden aproximarse los materiales a la zona de trabajo para reducir el tiempo de manipulación?
4. ¿Está funcionando correctamente el equipo y se está obteniendo un producto de calidad?
5. ¿Se está ejecutando la operación con seguridad?

Se supone que el observador del estudio de tiempos estará instruido en el estudio de movimientos y que aplicará sus conocimientos en esta materia a la operación que está a punto de cronometrar. Antes de comenzar el estudio deben hacerse todos los cambios que desee adoptar el encargado. Como es natural, el encargado decide la forma en que se ha de hacer la tarea; pero discutirá con el analista cada elemento de la operación y ambos se pondrán de acuerdo en que la operación está dispuesta para el estudio de tiempos. En capítulos precedentes se ha tratado extensamente de la normalización del trabajo y se ha puesto de relieve que toda normalización ha de preceder a la fijación del tiempo tipo. En la tabla I se indicó la extensión de esta tarea, que puede variar desde una investigación muy laboriosa del tipo *A*, que requiere mucho tiempo y un gasto considerable, hasta los tipos *D* y *E*, que solo exigen un análisis rápido y una comprobación general de los métodos.

Si se decidiera llevar a cabo un cambio grande en la operación y se requiriera un tiempo considerable para poner en marcha el método nuevo, podría ser conveniente hacer un estudio de tiempos del método actual y luego, una vez realizado su perfeccionamiento, estudiar la tarea otra vez y fijar un tiempo tipo nuevo. Si solo se han de hacer cambios menores, es mejor realizarlos antes de comenzar el estudio de tiempos de la tarea.

Realización del estudio de tiempos.—En el capítulo presente y en el que le sigue se describirán las fases del estudio de tiempos, que pueden llevarse a cabo en el momento y sitio de ejecución de la operación. Estas fases son: obtener y anotar la información necesaria, dividir la operación en subdivisiones o elementos, hacer una lista de elementos por su orden de ejecución, cronometrarlos y registrar las lecturas, determinar el número de ciclos que deben cronometrarse, observar y anotar la velocidad o nivel de actuación del operario y dibujar un esquema de la pieza y del lugar de trabajo.

Registro de la información.—Se ha de anotar cuidadosamente toda la información que aparece en la cabecera de la hoja de observación, cuestión esta que tiene gran importancia, puesto que los estudios de tiempos realizados a la ligera e incompletamente son de poco valor. El primer requisito de meticulosidad está en anotar toda la información necesaria para la identificación. Un estudio puede quedar desprovisto prácticamente de valor como registro o como fuente de información para datos tipo y construcción de fórmulas al cabo de unos meses, porque la persona que hizo el estudio ha olvidado las circunstancias que lo rodeaban. Por lo general, la información necesaria sobre la operación, pieza, material, cliente, número del pedido, tamaño del lote, etcétera, puede obtenerse de la hoja de ruta, de la lista de materiales o del dibujo de la pieza.

Se debe dibujar un esquema de la pieza en la parte inferior de la hoja o en la parte posterior si es que no hay un espacio acotado para este fin. También se debe incluir un esquema del lugar de trabajo, mostrando la posición del operario, emplazamiento de las herramientas, plantillas y materiales. Deben darse las especificaciones de los materiales que se trabajan, así como registrar una descripción del equipo que se utiliza. Por lo general, basta con la marca, clase, tipo

y tamaño de la máquina. Si la máquina posee un número de identificación, también se debe anotar. Se ha de hacer un registro exacto del número, tamaño y descripción de las herramientas, plantillas, calibres y dispositivos de fijación. Debe anotarse el nombre y el número del operario y el estudio de tiempos debe quedar firmado por el observador de tiempos.

División de la operación en elementos y descripción del método.—El tiempo tipo de una operación únicamente es válido para esa operación; por consiguiente, se ha de registrar, en la hoja de observación o en hojas adjuntas a la misma, una descripción detallada y completa del método. Esta descripción es de gran importancia, ya que en cualquier momento, después de fijada la norma para la tarea, el departamento de estudio de tiempos puede ser requerido para determinar si el operario está ejecutando la tarea de la misma forma que cuando se hizo el estudio de tiempos. La información contenida en la hoja de observación es la descripción más completa del método que tiene el departamento de estudio de tiempos para hacer esta comprobación.

Razones para la división en elementos.—No resulta satisfactorio el cronometraje de la totalidad de la operación como si fuera un elemento y puede decirse que un estudio global no es un sustitutivo del estudio de tiempos. Una parte esencial del estudio de tiempos es la división de la operación en elementos cortos para cronometrarlos por separado, por las razones siguientes:

1. Uno de los medios mejores para describir una operación es la de dividirla en elementos definidos y mensurables y describir cada uno de estos por separado. En una lista se ponen primero aquellos elementos de la operación que suceden con regularidad y luego se describen todos los demás elementos que forman parte de la tarea. A veces es preferible preparar una descripción detallada de la operación en una hoja adjunta a la de observación. Se pueden indicar específicamente los puntos de comienzo y final de cada elemento (véanse pág. 414 y figura 246). Con frecuencia es posible utilizar los elementos tomados del estudio de tiempos como *hoja de instrucciones normalizadas* de la operación (véase Fig. 324). Esta lista de elementos puede servir también para el entrenamiento de los nuevos operarios.
2. Pueden determinarse tiempos tipo para los elementos de la tarea. Estos tiempos tipo elementales hacen posible determinar sintéticamente el tiempo tipo total de la operación. Véase capítulo XXVIII.
3. Un estudio de tiempos puede mostrar que se está tomando un tiempo excesivo para ejecutar ciertos elementos de la tarea o que se está gastando muy poco tiempo en otros elementos. Esto último ocurre a veces en los elementos de inspección. Además, el análisis de una operación por elementos puede mostrar ligeras variaciones en el método, que no se detectarían tan fácilmente en un estudio global.
4. Un operario puede no trabajar a la misma marcha durante la totalidad del ciclo. El estudio de tiempos permite la aplicación de valores de actuación separados a cada elemento de la tarea.

Cuando se han de hacer estudios de tiempos de un producto nuevo o de un nuevo tipo de trabajo, debe hacerse un análisis cuidadoso de todas las posibles variables del trabajo. Es deseable establecer los tiempos tipo elementales tan pronto como sea posible y ello se puede conseguir más rápidamente si antes de hacer ningún estudio de tiempos se prepara un esquema general de las normas. Es sumamente importante preparar una definición normalizada de los elementos para que se puedan utilizar estos en todos los estudios de tiempos.

Reglas para dividir una operación en elementos.—Todo trabajo manual puede dividirse en movimientos fundamentales de las manos o *therbligs*, como se ha explicado ya. Estas subdivisiones minúsculas son demasiado cortas para que puedan medirse con un cronómetro; por consiguiente, se han de agrupar algunas de ellas en elementos con duración suficiente para ser cronometrados.

Al dividir una operación en elementos deben tenerse en cuenta las tres reglas siguientes:

1. Los elementos deben tener la duración más corta compatible con la posibilidad de ser cronometrados exactamente
2. Deben separarse los tiempos de manipulación de los de máquina.
3. Deben separarse los elementos constantes de los variables.

Para que un estudio de tiempos sea valioso ha de estudiar los elementos de la operación y no ser un mero registro del tiempo total requerido por ciclo para hacer un trabajo. No obstante, si los elementos son demasiado cortos, es imposible cronometrarlos exactamente.

En el trabajo de máquina es preferible separar el tiempo de la máquina, esto es, el tiempo durante el cual la máquina hace un trabajo, del tiempo de trabajo del operario, para lo cual hay varias razones. Cuando se utilizan en la máquina velocidades y avances mecánicos y el tiempo de la máquina está separado, se puede calcular el tiempo requerido por el corte y comprobar así los datos proporcionados por el cronómetro. Además, el comienzo y fin del corte son dos puntos excelentes para marcar el comienzo y fin de un elemento. Cuando se han de obtener tiempos tipo elementales y fórmulas, es esencial separar el tiempo de máquina del de manipulación. En el capítulo XXVIII se dan las razones de esta separación.

Deben separarse los elementos de un ciclo que son constantes de los que son variables. La expresión *elementos constantes* se refiere a aquellos elementos que son independientes del tamaño, peso, longitud y forma de la pieza. Por ejemplo, en la soldadura a mano de las costuras de los botes de hojalata, el tiempo de tocar la varilla de soldar con el estaño es una constante, mientras que el tiempo de soldado es variable, pues depende directamente de la longitud de la costura.

A un analista instruido en la técnica del estudio de micromovimientos le será relativamente sencillo decidir los elementos de la operación, pues no son más que meras combinaciones de los movimientos fundamentales. El analista que no tiene esta instrucción debe comprobar que los elementos comienzan y terminan en puntos bien definidos del ciclo y recordarlos para leer su cronómetro exactamente en las mismas partes del ciclo; de otra forma serían incorrectos los tiempos de los elementos.

En el espacio correspondiente de la hoja de observación se debe registrar concisamente cada elemento, recomendándose el uso de los símbolos para representar los elementos que se repiten con frecuencia. En algunas Compañías se editan códigos de símbolos normalizados, que luego utilizan todos los observadores de estudios de tiempos. En cualquier caso, se debe marcar en cada hoja de observación el significado de los símbolos.

Toma y registro de los datos.—Los tres métodos más comúnmente utilizados para leer un cronómetro son: 1) lectura continua; 2) lectura repetitiva; y 3) lectura acumulativa. Los dos primeros métodos tienen un uso más amplio que el último.

Lectura continua.—En el método continuo de cronometraje, el observador pone en marcha el reloj al principio del primer elemento y lo deja funcionar continuamente durante el período del estudio (véase Fig. 217). Las lecturas del reloj se anotan en la hoja de observación al final de cada elemento, a continuación del nombre o símbolo. La figura 237 ilustra el método continuo de cronometraje. La operación *Hacer un macho* se dividió en cuatro elementos: al principio del primero el observador puso en marcha su cronómetro y anotó la lectura realizada al final del mismo en la columna primera, línea inferior. De igual forma leyó el reloj al final de cada elemento, anotando las lecturas del ciclo primero en la columna primera. A continuación cronometró el ciclo segundo y anotó los datos en la segunda columna, etc.

Más tarde determinó el tiempo de cada elemento por sustracción (véase Fig. 218). Por consiguiente, para el primer elemento, en la línea superior correspondiente al mismo colocó 0,09 (0,09 — 0 = 0,09) minutos. De igual forma, en la línea correspondiente al ele-

HOJA DE OBSERVACION

HOJA 1 DE 1 HOJAS — FECHA 30 - 1 - 48

OPERACION: Taladrado 6,35 mm — OPERACION Nº D-20

NOMBRE PIEZA: Eje de motor — PIEZA Nº MS-267

NOMBRE DE LA MAQUINA: Avey — MAQUINA Nº 2174

NOMBRE Y Nº DEL OPERARIO: S.K. Adams 1347 — VARON [V] HEMBRA [ ]

EXPERIENCIA EN LA TAREA: 18 meses en taladro — MATERIAL SAE 2315

CAPATAZ: H. Miller — DEPARTAMENTO Nº DL 21

PRINCIPIO 10:15 — FINAL 10:38 — TIEMPO TRANSCURRIDO 23 — UNIDADES TERMINADAS 20 — TIEMPO REAL POR 100:115 — Nº DE MAQUINAS ATENDIDAS: 1

ELEMENTOS	VELOCIDAD	AVANCE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIEMPO ELEGIDO
1. Coger pieza y colocarla en la plantilla			T	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,10	0,12	0,12	0,14	0,12	
			L	0,12	0,29	0,39	0,54	0,66	0,77	0,92	8,01	14	0,32	
2. Apretar el tornillo de sujeción			T	0,13	0,12	0,12	0,14	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	
			L	0,25	0,41	0,51	0,68	0,77	0,89	7,04	0,14	0,26	0,49	
3. Avanzar la broca al trabajo			T	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
			L	0,30	0,45	0,55	0,72	0,82	0,93	0,08	0,18	0,29	0,47	
4. Taladrar un agujero de 6,35 mm	980	H	T	0,57	0,54	0,56	0,51	0,54	0,58	0,52	0,53	0,59	0,56	
			L	0,87	0,99	3,11	4,23	5,36	6,51	0,60	0,71	0,88	11,03	
5. Levantar la broca del agujero			T	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	
			L	0,91	2,02	0,14	0,26	0,39	0,54	0,63	0,74	0,92	0,06	
6. Aflojar el tornillo de apriete			T	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	
			L	0,97	0,08	0,21	0,32	0,45	0,60	0,69	0,80	0,99	0,14	
7. Sacar la pieza de la plantilla			T	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,07	
			L	1,05	0,17	0,29	0,40	0,54	0,68	0,76	0,88	10,08	0,21	
8. Soplar las virutas			T	0,13	0,10	0,12	0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	
			L	0,18	0,27	0,41	0,54	0,67	0,80	0,89	9,00	0,20	0,32	
9.			T											
			L											
10. (1)			T	0,12	0,11	0,13	0,14	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,12
			L	11,44	0,56	0,69	0,82	0,87	17,01	18,09	0,21	0,31	0,42	
11. (2)			T	0,12	0,14	0,12	0,11	0,12	0,10	0,13	0,15	0,12	0,11	0,12
			L	0,56	0,70	0,81	0,93	0,99	0,11	0,22	0,36	0,43	0,53	
12. (3)			T	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
			L	0,60	0,74	0,85	0,96	16,03	0,15	0,26	0,40	0,47	0,57	
13. (4)			T	0,54	0,53	0,55	0,52	0,57	0,54	0,50	0,53	0,55	0,54	0,54
			L	12,14	13,27	14,40	15,48	0,60	0,69	0,76	0,93	21,02	22,11	
14. (5)			T	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
			L	0,17	0,30	0,43	0,51	0,63	0,72	0,79	0,96	0,05	0,14	
15. (6)			T	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
			L	0,23	0,36	0,49	0,58	0,69	0,77	0,85	20,02	0,10	0,20	
16. (7)			T	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08
			L	0,31	0,44	0,58	0,66	0,77	0,84	0,93	0,08	0,18	0,28	
17. (8)			T	0,14	0,12	0,10	0,09	0,12	0,14	0,15	0,11	0,12	0,12	0,12
			L	0,45	0,56	0,68	0,75	0,89	0,98	19,08	0,19	0,30	22,40	
18			T											1,11
			L											

TIEMPO ELEGIDO	VALORACION	TIEMPO NORMAL	TOTAL DE LOS SUPLEMENTOS	TIEMPO TIPO
1,11	100%	1,11	5 %	1,17

Long. total 304,8 mm — Taladrar un agujero de 6,35 mm — 25,4 mm — 25,4 mm — 19 mm

HERRAMIENTAS, PLANTILLAS, CALIBRES: Plantilla nº D-12-33
Usar broca de 6,35 mm diámetro
Avance a mano
Usar aceite S-4

CRONOMETRADO POR J.B.M.

FIG. 217.—Estudio de tiempos con cronómetro de una operación de taladro (por el método continuo).

mento segundo, en la primera columna anotó 0,06 (0,15 — 0,09 = 0,06) minutos.

Lectura repetitiva.—En el método repetitivo, o de vuelta a cero, se hace retroceder las manecillas a cero al final de cada elemento. Al principio del primer elemento el observador pone a cero las manecillas pulsando el vástago del reloj. La manecilla avanza y comienza instantáneamente a medir el tiempo del primer elemento. Al final del primer elemento, el observador lee el reloj, hace retroceder a cero la manecilla y anota la lectura a continuación. De forma similar procede con el resto de los elementos. Con este método de cronometraje se obtiene el tiempo directo sin sustracciones y se registran directamente los datos del reloj en la hoja de observaciones (véase Fig. 241).

ESTUDIO N° 8765

ELEMENTOS	VELOCIDAD	AVANCE	1
1 Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez			0.09 / 0.09
2 Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarlo con un golpe de paleta			0.06 / 0.15
3 Coger una plancha y colocarla sobre la caja del macho. darle la vuelta golpear y sacar de la caja			0.13 / 0.28
4 Llevar la plancha con el macho por una distancia de 4 pies (1,2 m.) Ponerlo en la carretilla del horno.			0.04 / 0.32

FIG. 218.—Parte de la hoja de observaciones de la operación "Hacer un macho". Se muestran las lecturas del reloj y los tiempos sustraídos del primer ciclo. (Véase Fig. 237 para el estudio completo).

Hay quien cree que el observador tiene una tendencia a olvidarse de cronometrar y anotar los retrasos, elementos extraños o movimientos falsos del operario por sostener apretado el vástago del reloj. Pero esto no es una crítica verdadera de este método de cronometraje, puesto que se ha de enseñar al observador a cronometrar *todos los elementos* que suceden durante el estudio. La principal ventaja de este método repetitivo sobre el de lectura continua es que se hace visible el tiempo de cada elemento en la hoja de observación y el observador puede darse cuenta de las variaciones mientras realiza el estudio.

Lectura acumulativa.—El método de cronometraje por acumulación permite la lectura directa de cada elemento mediante el uso de dos cronómetros. Se montan estos relojes junto al tablero de observación (véase Fig. 219) y se conectan mediante un juego de palancas, de forma que cuando se pone en marcha el primer cronómetro, el se-

gundo se para automáticamente. Cuando se pone en marcha el segundo reloj, el primero se para. Pueden hacerse volver las manecillas a cero inmediatamente después de la lectura, por lo que las sustracciones resultan innecesarias. De esta forma puede leerse el reloj con mucha mayor facilidad y exactitud, puesto que las manecillas no se mueven en el momento de realizar la lectura.

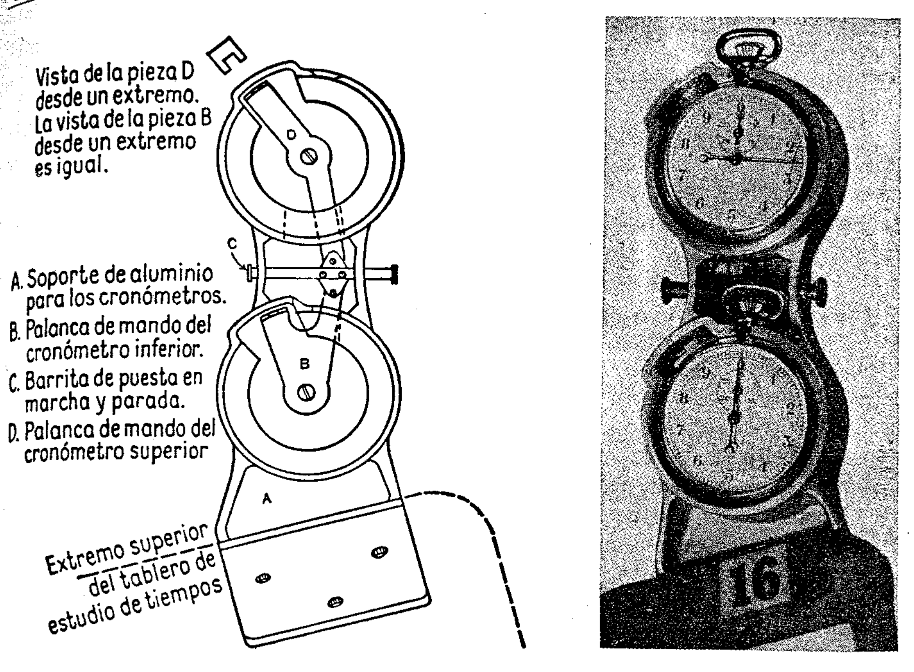


FIG. 219.—Dos cronómetros conectados convenientemente para el método *acumulativo* de cronometraje.

Registro de las lecturas del cronómetro.—Quizá parezca difícil a los no iniciados que el observador pueda realizar todo lo que se exige de él en una sucesión tan rápida, esto es, observar al operario, leer el cronómetro y anotar los datos en la hoja de observación; pero esto resulta sencillo después de un poco de práctica.

Con frecuencia se oye un sonido bien diferenciado al principio y final de cada elemento. Así, en el estudio de una operación de taladrado (véase Fig. 217) se oye un tic metálico en el momento en que se coloca el eje en la plantilla, lo que denota el final del primer elemento. Estos ruidos ayudan al observador de tiempos a hacer sus lecturas, ya que aprende pronto a aprovecharlos.

Se ha de insistir en la necesidad de cronometrar cuidadosamente cada parte de la operación. Si, por ejemplo, se ha de calibrar cada quinta o décima pieza, se debe incluir esta información en la hoja de observación y deben hacerse suficientes lecturas de este elemento para incluirlas en el tiempo de la operación. Como es natural, el tiempo del elemento se dividirá por 5 o 10, según sea el caso, a fin de prorratear el tiempo de calibrado.

Deben considerarse partes específicas de la operación, y cronometrarse como tales, los elementos *cambiar herramientas, soplar las virutas de la plantilla, mover las piezas acabadas, reemplazar la caja vacía, lubrificar el troquel* y demás por el estilo. En el cronometraje de elementos que se suceden con poca frecuencia es necesario hacer un número suficiente de lecturas del reloj y, además, obtener datos en cuanto a la frecuencia de dichos elementos, a fin de prorratear el tiempo.

Cuando se presentan elementos extraños se deben cronometrar y anotar en la hoja de observación. Estos elementos, según su naturaleza, pueden incluirse o no en el tiempo tipo. Se entiende por elementos extraños aquellos que no suceden regularmente en el ciclo, tales como caída accidental de una llave o un trozo de material, atirantamiento de la correa de una máquina, sustitución de una herramienta rota, lubrificación de un tornillo de la plantilla, etc.

Número de ciclos que se han de cronometrar.—En general, es de esperar que el tiempo necesario para ejecutar los elementos de una operación varíe ligeramente de ciclo a ciclo. Aun cuando el operario trabaje con ritmo uniforme, no siempre realizará cada elemento de los ciclos consecutivos exactamente en el mismo tiempo, pudiendo deberse las variaciones a diferencias en la posición exacta de las piezas y herramientas empleadas, variaciones en la lectura del cronómetro y a posibles diferencias en la determinación de los puntos exactos en que se hace la lectura. Con materias primas altamente normalizadas, herramientas, equipo y condiciones de trabajo de buena calidad y operarios bien calificados y entrenados, no serán grandes las diferencias en las lecturas de cada elemento; pero, no obstante, aun habrá alguna variación.

El estudio de tiempos es un proceso de muestreo y, por consiguiente, cuanto mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad de la actividad que se mida. La uniformidad en las lecturas del cronómetro es del mayor interés para el analista. Por ejemplo, se estudiaron 20 ciclos de la operación representada en la figura 217, variando el tiempo para el elemento 1 del estudio entre 0,10 y 0,14 minutos. Evidentemente, si todas las lecturas fueran de 0,10 minutos, la uniformidad o estabilidad de las lecturas sería perfecta y como tiempo representativo para este elemento se seleccionaría el de 0,10 minutos. Cuanto mayor sea la variación en las lecturas de un elemento, mayor será el número de observaciones necesarias para obtener la precisión deseada.

Fórmula para determinar el número de observaciones.—Las fórmulas [1] y [2] que siguen son un medio sencillo de evaluar el error del valor medio del tiempo de un elemento, al hacer un número dado de lecturas (1). Se da por supuesto que las variaciones en los tiempos observados son debidas al azar, lo cual es una hipótesis razonable.

El error típico de la media para cada elemento se expresa mediante la fórmula (2):

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} \qquad [1]$$

siendo

$\sigma_{\bar{x}}$ = desviación típica de la distribución de las medias.
σ' = desviación típica del colectivo o universo, para un elemento dado.
N = número efectivo de observaciones del elemento.

La desviación típica se representa por la letra griega σ (sigma). Por definición, es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones de las lecturas con respecto a la media (3), o sea:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1-\bar{X})^2+(X_2-\bar{X})^2+\ldots(X_n-\bar{X})^2}{N}} \qquad [2]$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\Sigma X^2}{N} - \bar{X}^2}$$

siendo

X = valor de cada lectura de cronómetro u observación individual.
$\bar{X}$ = (léase "X barra") media aritmética de todas las lecturas de un elemento.
Σ = (léase "sigma") suma de las lecturas.

---

(1) Uno de los primeros procedimientos matemáticos para determinar el número de observaciones fue propuesto por E. B. ROYER, "How Many Observations Are Necessary in Setting Wage-Incentives Standards?" *Personnel*, vol. 13, núm. 4, págs. 137-39, mayo 1937.
(2) Véase E. L. GRANT: *Statistical Quality Control*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York 1952, pág. 87 (o cualquier libro sobre control estadístico de calidad).
(3) *Ibid.*, págs. 52-53.

Dado que $\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma X^2}{N} - \left(\frac{\Sigma X}{N}\right)^2} = \frac{1}{N} \sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \qquad [3]$$

Combinando las fórmulas [1] y [3].

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{\sqrt{N'}} \qquad [4]$$

Al determinar el número de observaciones a realizar hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada, empleándose generalmente, en estudio de tiempos, un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100. Esto significa que existe un 95 por 100 de probabilidades de que la media de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error superior a ± 5 por 100 del verdadero tiempo del elemento observado. Luego,

$$0{,}05\bar{X} = 2\sigma_{\bar{x}} \qquad \text{o} \qquad 0{,}05 \frac{\Sigma X}{N} = 2\sigma_{\bar{x}}$$

$$0{,}05 \frac{\Sigma X}{N} = 2 \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{\sqrt{N'}}$$

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{\Sigma X}\right)^2 \qquad [5]$$

siendo N' el número necesario de observaciones para predecir el tiempo verdadero, dentro de una precisión de ± 5 por 100 y un nivel de confianza del 95 por 100.

Si se trabaja con un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 10 por 100, la fórmula será entonces

$$N' = \left(\frac{20 \sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{\Sigma X}\right)^2 \qquad [6]$$

Ejemplo. Suponiendo que se hayan realizado 30 observaciones de un elemento, como se indica en la primera columna de la figura 220, y que el observador desea saber si ha tomado un número suficiente de observaciones para que el nivel de confianza sea del 95 por 100 y la precisión de ± 5 por 100, se empleará la fórmula [5]. En la figura 220

Operación: Hacer un macho. Nº 7253

Elemento Nº 2: Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarla con un golpe de paleta.

Lecturas individuales del cronómetro en 0,01 de min. X	Cuadrados de las lecturas individuales del cronómetro X^2
6	36
5	25
8	64
6	36
5	25
5	25
6	36
5	25
5	25
6	36
6	36
5	25
5	25
6	36
6	36
5	25
5	25
5	25
5	25
6	36
6	36
6	36
6	36
5	25
6	36
6	36
7	49
6	36
5	25
5	25
$\Sigma X = 169$	$\Sigma X^2 = 967$

FIG. 220.—Valores de X y de X^2 correspondientes al elemento 2 del estudio de tiempos representado en la figura 237.

se dan la suma de las 30 observaciones y la de sus cuadrados. Sustituyendo los datos en la fórmula [5] se tendrá:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{30 \times 967 - 169^2}}{169}\right)^2 = \left(\frac{40 \sqrt{29010 - 28561}}{169}\right)^2$$

$$= \left(\frac{40 \times 21{,}2}{169}\right)^2 = \left(\frac{848}{169}\right)^2 = 25 \text{ observaciones.}$$

Otra fórmula que se emplea para determinar el número de ciclos que deben cronometrarse es:

$$N' = \left[\frac{40\,N}{\Sigma X} \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/N}{N-1}} \right]^2 \qquad [7]$$

que se deriva de emplear, en vez de la fórmula [3], la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/N}{N-1}}$$

La fórmula [7] tiende a ser más exacta cuando decrece el número de ciclos cronometrados.

Estimación del número de observaciones a realizar. — La Maytag Company emplea el siguiente procedimiento para estimar el número de observaciones necesarias:

1) Toma de lecturas: *a)* Diez lecturas para ciclos de dos minutos o menos. *b)* Cinco lecturas para ciclos superiores a dos minutos.

2) Determinación del intervalo R, o sea, el valor máximo H, del estudio de tiempos, menos el valor mínimo L $(H - L) = R$.

3) Determinación de la media $\bar{X}$, o sea, la suma de las lecturas dividida por el número de ellas (5 o 10). Esta media se obtiene aproximadamente dividiendo por 2 la suma de los valores mayor y menor, o sea $(H + L)/2$.

4) Determinación de $R/\bar{X}$, o sea el intervalo dividido por la media.

5) Determinación del número de lecturas necesario (4) según la

---

(4) Los valores dados en la Tabla 14 se han determinado de la manera siguiente: Puede demostrarse (véase Grant, *op. cit.*, pág. 83) que:

$$\sigma' = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

siendo $\bar{R}$ = media de los intervalos, o sea, la media aritmética de las diferencias entre los valores mayor y menor de los subgrupos del mismo número de lecturas. d_2 = factor que depende del número de lecturas del subgrupo (véase Grant, *op. cit.*, página 512).

De la fórmula [1],

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} \qquad \text{o} \qquad \sigma' = \sigma_{\bar{x}}\sqrt{N}$$

Entonces,

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{N}} \qquad \text{o} \qquad 2\sigma_{\bar{x}} = 2\,\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{N}}$$

Para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100, se tiene $0{,}05\bar{X} = 2\sigma_{\bar{x}}$

$$0{,}05\,\bar{X} = \frac{2\,\bar{R}}{d_2\sqrt{N}} \qquad\qquad 0{,}025\,d_2\sqrt{N} = \frac{\bar{R}}{\bar{X}}$$

Si el número de observaciones del subgrupo es 5, entonces $d_2 = 2{,}326$. Si es 10, $d_2 = 3{,}078$. (Véase Grant, *op. cit.*, pág. 512.)

tabla 14. Se desciende por la primera columna hasta encontrar el valor de $R/\bar{X}$; se sigue horizontalmente hasta hallar el número de lecturas necesario, según el tamaño de la muestra escogida (5 o 10). (Para un nivel de confianza del 95 por 100 y precisión de ± 10 por 100, se divide por 4 el número hallado.

6) Continuación de las lecturas hasta que se alcanza el número de ellas indicado.

Al tablero de observaciones del estudio de tiempos se une una copia de la tabla 14, a fin de que el analista pueda determinar, sin abandonar su trabajo, el número aproximado de lecturas necesarias.

Elemento 1	0,07	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,07
Elemento 2	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,13	0,12
Elemento 3	0,56	0,57	0,55	0,56	0,57	0,56	0,54	0,56	0,56	0,55

Fig. 221.—Estudio de tiempos de diez ciclos de una operación. La media de las diez observaciones del elemento 1 es 0,076 minutos

Ejemplo. La figura 221 es un estudio de tiempos de 10 ciclos consecutivos de una operación que se compone de tres elementos. Para determinar el número de lecturas necesarias para obtener un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100, se emplea el siguiente procedimiento.

1) Toma de lecturas: en la figura 221 hay diez lecturas de cada elemento. En este ejemplo se empleará el elemento 1.

2) Determinación del intervalo, R, para el elemento 1.

$$R = H - L = 0{,}09 - 0{,}06 = 0{,}03 \text{ minutos.}$$

3) Determinación de la media $\bar{X}$.

$$\bar{X} = 0{,}76/10 = 0{,}076 \text{ minutos.}$$

4) Determinación del valor de $R/\bar{X}$.

$$R/\bar{X} = 0{,}03/0{,}076 = 0{,}395$$

5) Determinación del número de lecturas necesarias, haciendo uso de la tabla 14. Puesto que 0,395 está más próximo a 0,40 que a 0,38, el número de lecturas es 27, correspondiente a 0,40.

6) Continuación del estudio hasta completar un total de 27 lecturas.

Comprobación final del número de observaciones.—Al comenzar el estudio se empleaba la tabla 14, a fin de determinar el número aproxi-

TABLA XIV.—NÚMERO N DE LECTURAS NECESARIAS EN EL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA UNA PRECISIÓN DE ± 5 POR 100 Y UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 POR 100

R / $\overline{X}$	Datos para una muestra de		R / $\overline{X}$	Datos para una muestra de		R / $\overline{X}$	Datos para una muestra de	
	5	10		5	10		5	10
0,10	3	2	0,42	52	30	0,74	162	93
0,12	4	2	0,44	57	33	0,76	171	98
0,14	6	3	0,46	63	36	0,78	180	103
0,16	8	4	0,48	68	39	0,80	190	108
0,18	10	6	0,50	74	42	0,82	199	113
0,20	12	7	0,52	80	46	0,84	209	119
0,22	14	8	0,54	86	49	0,86	218	125
0,24	17	10	0,56	93	53	0,88	229	131
0.26	20	11	0,58	100	57	0,90	239	138
0.28	23	13	0,60	107	61	0,92	250	143
0.30	27	15	0,62	114	65	0,94	261	149
0,32	30	17	0,64	121	69	0,96	273	156
0,34	34	20	0,66	129	74	0,98	284	162
0,36	38	22	0,68	137	78	1,00	296	169
0,38	43	24	0,70	145	83			
0,40	47	27	0,72	153	88			

R = intervalo del tiempo para la muestra, que es igual a la diferencia entre los valores máximo y mínimo del estudio de tiempos elemental.

$\overline{X}$ = valor del tiempo medio del elemento de la muestra. (Para ± 10 por 100 de precisión y nivel de confianza del 95 por 100 divídanse por 4 los resultados).

mado de observaciones. Una vez completado el estudio (véase Figura 222), el analista de tiempos hacía una comprobación, a fin de determinar si se había hecho un número suficiente de lecturas, para lo cual empleaba el procedimiento siguiente (5).

1) Separación, en subgrupos de cuatro, de las lecturas de cada elemento (Fig. 222).

2) Determinación del intervalo, R, para cada subgrupo, o sea, la diferencia entre los valores mayor y menor del estudio de tiempos.

3) Determinación de la media $\overline{R}$ de los intervalos de los subgrupos.

4) Determinación de la media $\overline{X}$, o sea, la media aritmética de los valores no clasificados que normalmente se encuentran al realizar el estudio de tiempos.

5) Determinación del número de lecturas necesarias, utilizando la figura 223. En la escala vertical se representan los valores de los intervalos medios, $\overline{R}$; en la escala horizontal se representan los valores medios, $\overline{X}$, del elemento; la intersección de las líneas correspondientes a los valores hallados da el número necesario de lecturas, representado en las líneas diagonales.

(5) Una excelente exposición de un procedimiento similar se encontrará en "Statistical Procedures in Stop Watch Work Measurement", de JOHN M. ALLDERIGE, *Journal of Industrial Engineering*, vol. VII, núm. 4, págs. 154-163, julio-agosto 1956.

6) Determinación de la precisión realmente obtenida, utilizando la figura 224. Partiendo del número que indica, en la escala vertical, las lecturas que serán necesarias para obtener una precisión de ± 5 por 100, se sigue la horizontal hasta cortar a la curva representativa del número de lecturas tomado realmente; bajando verticalmente, desde este punto, se encuentra, en la escala horizontal, la precisión efectiva obtenida.

Elemento 1	0,07 0,09 0,06 0,07 → 0,03	0,08 0,08 0,07 0,08 → 0,01	0,09 0,07 0,08 0,08 → 0,02	0,07 0,09 0,08 0,08 → 0,02
Elemento 1	0,06 0,07 0,08 0,08 → 0,02	0,08 0,09 0,09 0,06 → 0,03	0,07 0,08 0,08 0,09 → 0,02	0,10 0,10 0,07 0,08 → 0,03

FIG. 222.—Datos del estudio de tiempos del elemento 1, agrupados en subgrupos de 4 observaciones. La media de las 32 observaciones es 0,0787 minutos. $\overline{X} = 0{,}0787$

Ejemplo. En el estudio representado en la figura 222, determinar *(a)* el número de lecturas necesarias para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100, y *(b)*, si la precisión obtenida según el número real de lecturas es menor que la fijada en *(a)*.

Solución para (a) (número de lecturas necesarias para una precisión de ± 5 por 100:

1) Dividir las lecturas de este elemento en subgrupos de 4 (Figura 222).

2) Determinar el intervalo R para cada subgrupo.

$$0{,}03 + 0{,}01 + 0{,}02 + 0{,}02 + 0{,}02 + 0{,}03 + 0{,}02 + 0{,}03 = 0{,}18$$

3) Determinar el intervalo medio $\overline{R}$ de los subgrupos.

$$\overline{R} = 0{,}18/8 = 0{,}0225 \text{ minutos}$$

4) Determinar la media $\overline{X}$. La media aritmética para el elemento **1**, según resulta del estudio, es 0,0787 minutos.

5) Determinar el número de lecturas necesario para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100, a partir de la figura 223. (La solución, para $\overline{R} = 0{,}0225$ y $\overline{X} = 0{,}0787$, es $N = 30$ observaciones aproximadamente.)

Solución para (b) (precisión obtenida del número efectivo de lecturas realizadas): Para ilustrar el manejo de la figura 224, supongamos que el analista solamente hace 20 observaciones, como se indica en la figura 225, y que el número necesario de observaciones sea 30. La pre-

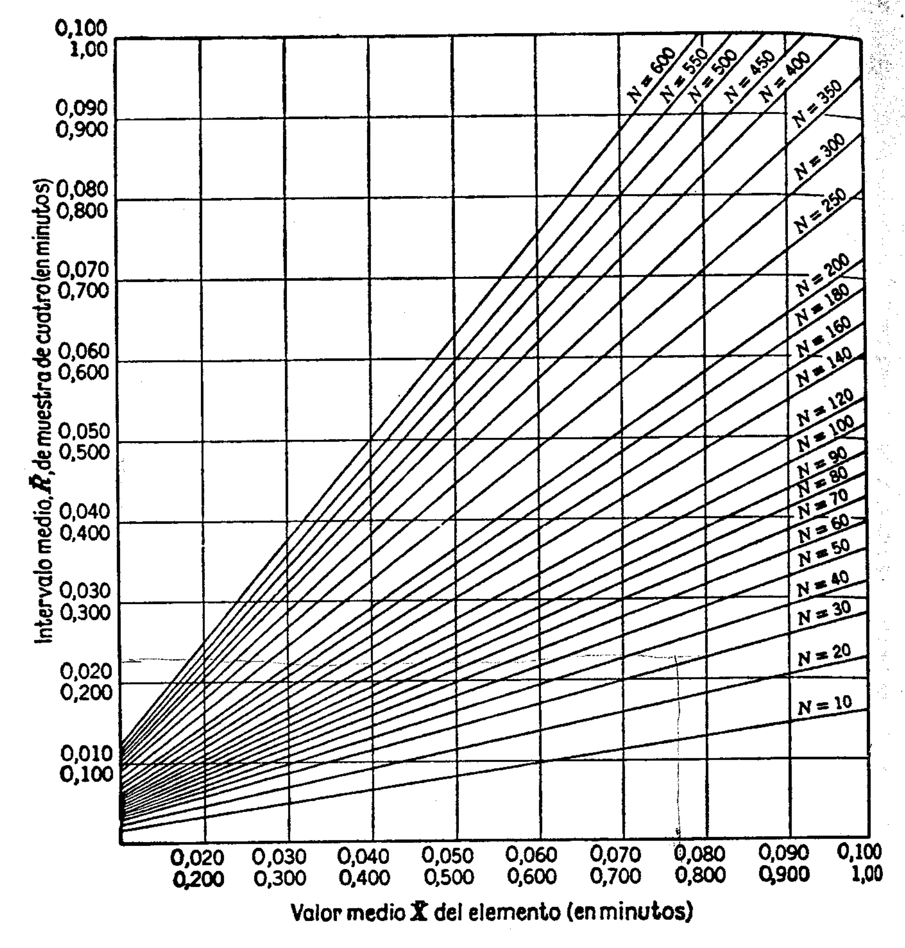


FIG. 223.—Curvas que dan la relación entre la media de los intervalos de muestras de cuatro observaciones con el valor medio del elemento cronometrado. Todas las lecturas se expresan en minutos

cisión de las 20 observaciones puede determinarse en la figura 224, procediendo como se indica a continuación. Partiendo del valor 30 en la escala vertical, se sigue horizontalmente hasta cortar a la curva correspondiente a $N = 20$, y entonces se baja verticalmente hasta la es-

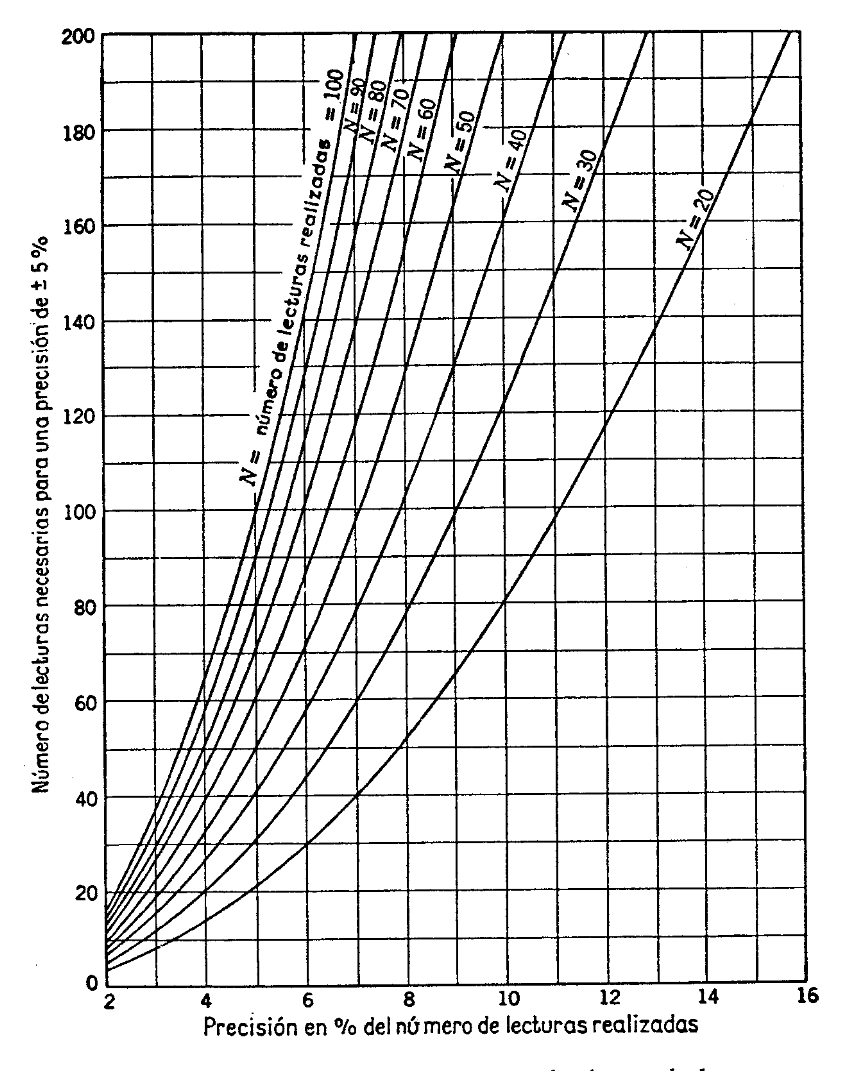


FIG. 224.—Curvas que muestran la relación entre el número de lecturas necesarias para una precisión de ± 5 por 100, el número de lecturas realizadas efectivamente y el porcentaje de precisión obtenido con estas

cala horizontal, sobre la cual se lee la precisión obtenida que, en este caso, es ± 6 por 100. Esto significa que con 20 observaciones la precisión es solamente de ± 6 por 100, mientras que con 30 observaciones sería de ± 5 por 100.

Empleo de un ábaco logarítmico para determinar el número de observaciones.—Una gran empresa utiliza el impreso de la figura 226 y el ábaco logarítmico de la figura 227, a fin de determinar el número de

Elemento 1

0,09 0,08 0,08 0,07	0,08 0,07 0,09 0,07	0,08 0,07 0,09 0,07	0,06 0,07 0,09 0,07	0,09 0,10 0,08 0,08
0,02	0,02	0,02	0,03	0,02

$\bar{R} = \frac{0{,}11}{5} = 0{,}022$ $\bar{\bar{X}} = \frac{0{,}158}{20} = 0{,}0790$

FIG. 225.—Datos del estudio de tiempos del elemento 1, en subgrupos de cuatro observaciones. La media de las 20 observaciones es 0,079 minutos. $\bar{X} = 0{,}079$

HOJA 1 DE 1 HOJAS

OPERACION Taladrar un agujero en una palanca de mando — OP. Nº. DR 12

NOMBRE DE LA PIEZA Palanca de mando — PIEZA Nº CL 28

NOMBRE Y Nº DE LA MAQUINA Taladradora especial, nº 249 — ANALISTA: T. S. Wilson

NOMBRE Y Nº DEL OPERARIO John Williams nº 16432 — HOMBRE ☑ MUJER ☐ — FECHA:

ELEMENTO	LECT.	SUMA (S)	MEDIA ($\bar{x}$)	INTERVALO (R)	ELEMENTO	LECT.	SUMA (S)	MEDIA ($\bar{x}$)	INTERVALO (R)
Elemento Nº 4 Taladrar agujero en palanca	1,02					1,17			
de mando. Avance a mano Tiempo de taladrado solamte	1,32					0,92			
	1,08					0,90			
	0,99	4,41	1,10	0,33		1,05	4,04	1,01	0,27
	1,04								
	0,96								
	1,18								
	0,90	4,08	1,02	0,28					
	1,01								
	0,94								
	0,96								
	1,24	4,15	1,04	0,30					
	1,28								
	1,13								
	0,98				TOTALES		25,27		1,79
	0,96	4,35	1,09	0,32	NUMERO DE LECTURAS REALIZADAS 24				
	1,08				TOTAL (S) + Nº DE LECTURAS } TIEMPO MEDIO ($\bar{x}$) 25,27/24			1,05	
	1,22				NUMERO DE GRUPOS DE 4				6
	1,01				TOTAL (R)/ Nº DE GRUPOS } INTERVALO MEDIO ($\bar{R}$) 1,79/6				0,30
	0,93	4,24	1,06	0,29	DEL GRAFICO DE PRECISION } LECTURAS NECESARIAS PARA UNA PRECISION DE ± 5 %			36	
					DEL GRAFICO DE PRECISION } PRECISION DE LAS LECTURAS REALIZADAS			±5,5%	
					VALORACION				105%

FIG. 226.—Hoja de recapitulación para datos de estudio de tiempos

observaciones. El analista de tiempos hace el número de observaciones que estima necesario y, sin interrumpir su trabajo, halla el intervalo de cada elemento para cada grupo de cuatro observaciones y la media

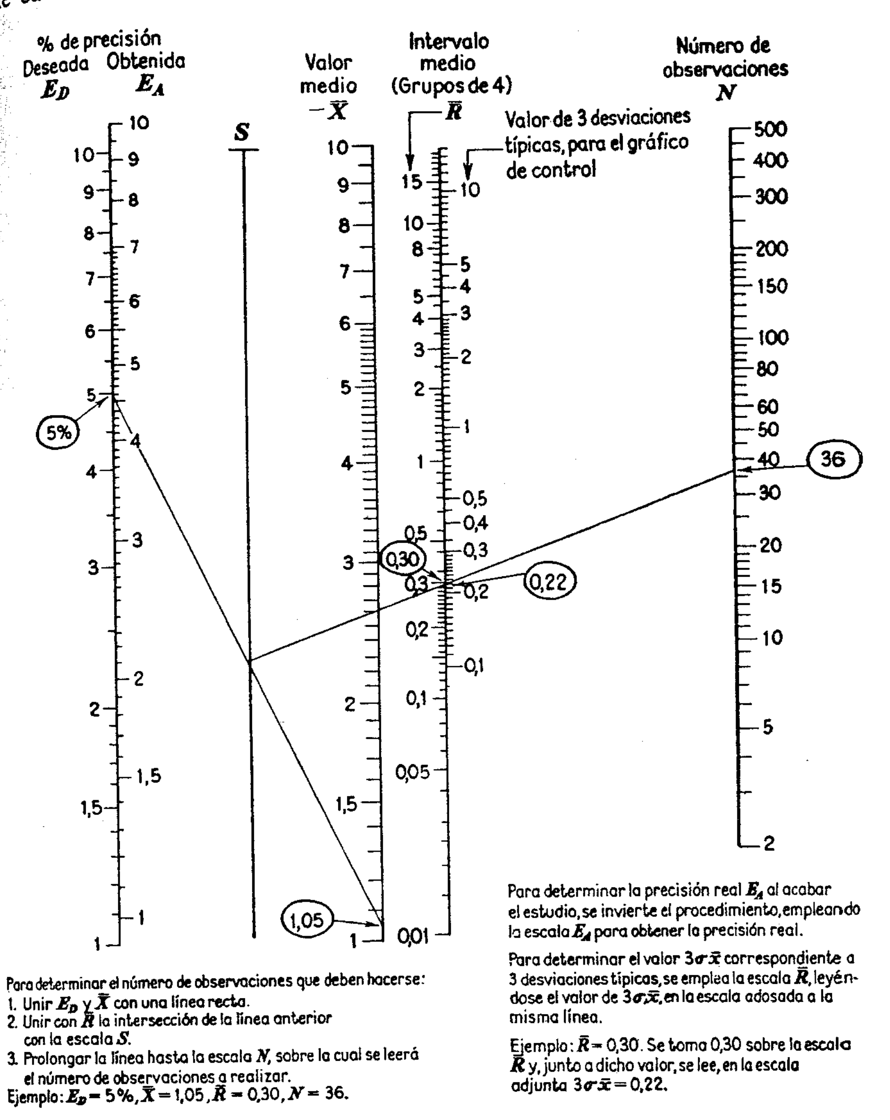


FIG. 227.—Abaco logarítmico para determinar el número de observaciones necesarias para un nivel de confianza del 95 por 100 y precisión de ± 5 por 100, así como los límites de control

de todas las observaciones. Entonces, haciendo uso del ábaco, que estará unido al tablero de estudio de tiempos, comprueba el número necesario de observaciones para una precisión de ± 5 por 100 y un nivel de confianza del 95 por 100, determinando también la precisión para el número de observaciones realizadas.

Por ejemplo, se hicieron 24 observaciones del elemento "Taladrar un agujero en palanca de mando", como indica la figura 226. El valor medio de los intervalos $\bar{R} = 0,30$ minutos, y la media de los tiempos $\bar{X} = 1,05$ minutos. Como indica la figura 227, el número de observaciones necesarias era 36.

La figura 227 indica también que, con las 24 observaciones realizadas efectivamente, se obtiene una precisión de ± 5,6 por 100.

Gráfico de control para análisis de datos de estudio de tiempos.—El gráfico de control es un excelente medio para comprobar la uniformidad de los datos del estudio de tiempos. Los valores medios $\bar{X}$ (medias de los grupos de 4) de las lecturas del estudio de tiempos se marcan sucesivamente sobre el gráfico de control (Fig. 228). Los límites superior e inferior de control se determinan como sigue: empleando el ábaco de la figura 227, se halla el valor de $\bar{R}$ sobre la escala y se lee el correspondiente valor de $3\sigma\bar{x}$. Si $\bar{R} = 0,30$, $3\sigma\bar{x} = \pm 0,22$. Como $\bar{x} = 1,05$, el límite superior de control $= 1,05 + 0,22 = 1,27$. El límite inferior es: $1,05 - 0,22 = 0,83$.

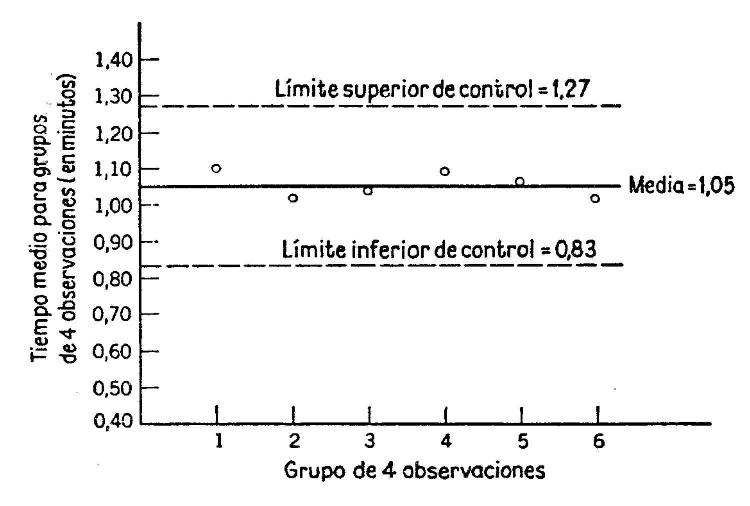


FIG. 228.—Gráfico de control para observaciones de estudio de tiempos

Como indica la figura 228, todos los puntos están dentro de los límites de control; los datos presentan uniformidad y es aceptable el valor de 1,05 minutos para el tiempo de este elemento.

Valoración.—A medida que el observador realiza el estudio, determina también la valoración de la velocidad a que está trabajando el operario. Para obtener una muestra representativa a la que pueda aplicarse la valoración de la velocidad, el observador necesita un número suficiente de lecturas. Posteriormente se aplicará el factor de valoración a este "tiempo representativo", a fin de obtener el tiempo normal del elemento.

Existen diferentes "sistemas" o métodos para llegar a este factor de valoración, aunque todos dependen del buen juicio del observador de tiempos. Uno de los métodos más comunes es el de determinar un factor de valoración para la totalidad de la operación. El observador se concentra en la valoración de la velocidad del operario al principio o al final del estudio, y posiblemente a intervalos durante el mismo. Su objeto es determinar el nivel medio de actuación del operario en su trabajo mientras se hace el estudio. Esta valoración se registra en la hoja de observaciones en forma de factor de valoración (véase figura 217).

Otro método es determinar un factor de valoración para cada elemento de la operación (6), que es el plan más ampliamente utilizado en la actualidad. Un plan de valoración todavía más exacto requiere que el analista valore cada elemento en el momento de cronometrarlo y que lo anote en la hoja de observación cuando anota la lectura del cronómetro. Con este método se tendrá registrada una valoración por cada lectura del reloj. Aunque consecuente, este método es muy difícil para el observador de tiempos, que ha de valorar cada lectura de reloj, a no ser que los elementos sean bastante largos.

En el capítulo siguiente se explicará más extensamente el uso del factor de valoración.

Selección del operario que se ha de cronometrar.—Si hay más de una persona que ejecuta la misma operación, el observador de tiempos puede cronometrar a una de ellas solamente o a varias. Si todos los operarios siguen el mismo método, esto es, el prescrito para la tarea y hay una diferencia en las velocidades de trabajo de los mismos, es costumbre cronometrar al operario que trabaja a una marcha más próxima a la normal. Como se utiliza un factor de valoración para la velocidad del operario, teóricamente no hay diferencia si se cronome-

(6) Un estudio reciente sobre 7.444 observadores de tiempos probó que el 34 por 100 valoraba el estudio global, el 53 por 100 valoraba cada elemento y el 13 por 100 valoraba cada lectura del cronómetro.

tra al operario más lento o al más rápido. No obstante, se considera más difícil valorar correctamente la actuación de un operario muy lento. No es deseable cronometrar a un principiante, porque pocas veces su método es igual al que empleará cuando tenga más práctica en la tarea (véase capítulo XXXVII).

No ha de olvidarse tampoco la importancia de mantener la buena voluntad y cooperación del operario en el trabajo de estudio de movimientos y tiempos. Por razones psicológicas, es mejor cronometrar a un operario normal que al más rápido, puesto que los obreros, que no comprenden bien el proceso de valorar la actuación del operario, se inclinan a creer que se fijarán los tiempos tipo como consecuencia directa de la producción de la persona sometida a cronometraje. Si esta persona es la mejor en la tarea de que se trate, pueden pensar que el tiempo tipo será tan bajo que será muy difícil, si no imposible, que el operario medio se adapte a él.

Como en la industria se utiliza poco el estudio de micromovimientos completo para el perfeccionamiento de los métodos, este se enlazará, en la mayor parte de los casos, con el estudio de tiempos, de forma que el mismo operario sirva de sujeto para la totalidad del estudio. Con frecuencia, solo un operario realiza la tarea, por lo cual no existe problema de elección.

Etapas necesarias para hacer observaciones en un estudio de tiempos

1. Hablar con el encargado del departamento sobre la operación que se ha de cronometrar.
2. Comprobar que se ha informado al operario de que se va a hacer un estudio de tiempos.
3. Asegurarse la cooperación del operario. Explicarle lo que se va a hacer.
4. Asegurarse de que la operación se halla dispuesta para el estudio de tiempos.
5. Obtener toda la información necesaria y anotarla en la hoja de observaciones.
6. Hacer un esquema de la pieza y del lugar de trabajo.
7. Dividir la operación en elementos y hacer una lista de ellos en la hoja de observaciones. Si se juzga necesario, describir el método más extensamente en una hoja separada, haciendo una lista con los puntos de principio y fin de cada elemento.
8. Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse.
9. Anotar la hora de comienzo del estudio.

10. Poner en marcha el cronómetro decimal al principio del primer elemento del ciclo. Leer y anotar el tiempo de cada elemento del ciclo.
11. Una vez acabado el estudio y después de leer el cronómetro al final del último elemento, leer y anotar la hora del día en la hoja.
12. Valorar la actuación del operario y anotarla en la hoja de observación.
13. Firmar y fechar el estudio.
14. Comprobar que se ha cronometrado un número suficiente de ciclos.
15. Marcar los datos sobre un gráfico de control.

CAPITULO XXV

ESTUDIO DE TIEMPOS: DETERMINACION DEL FACTOR DE VALORACION

Una vez efectuado el estudio de tiempos, el siguiente paso es sustraer las lecturas sucesivas del reloj, a fin de obtener el tiempo de cada elemento. Es recomendable escribir estos con tinta, a fin de que sobresalgan de los demás números y para asegurar su permanencia.

Elección de valores de tiempo.—Como muestra el estudio de la figura 237, hay cuarenta y cinco valores de tiempo para cada uno de los cuatro elementos. El problema se concentra ahora en elegir para cada uno de dichos elementos un valor de tiempo que sea representativo. A veces podrá haber un valor de tiempo anormalmente alto o bajo, debido a un error en la lectura del cronómetro, que no se ha de tener en cuenta al escoger el valor de tiempo para los elementos. No obstante, el hecho de que exista una variación considerable en los tiempos sucesivos de algunos elementos no significa que haya de prescindirse de todos los valores altos o bajos. En muchos casos, hay razones poderosas para tenerlos en cuenta. A veces, una fundición muy resistente puede necesitar un tiempo de taladrado más largo, o bien una pieza con una aleta o un saliente puede requerir más tiempo para colocarla sobre el plato. Si estos valores de tiempo son típicos o representativos de lo que puede esperarse en la tarea, no deben eliminarse del estudio, aunque en sí sean anormales. Una buena política a seguir es la de no eliminar ninguna lectura como no haya razones poderosas que lo justifiquen.

Para determinar el tiempo representativo del elemento, muchas empresas utilizan la *media* aritmética de las lecturas del reloj. El método va ganando muchos adeptos entre los observadores de tiempos, puesto que es el más común para manipular datos y resulta fácil de explicar a los obreros.

El *método modal,* utilizado ampliamente también, consiste en tomar para el elemento el tiempo que sucede con más frecuencia. Los valores de tiempo altos y bajos tendrán un efecto menor sobre el tiempo elegido por este método que por el de la media. Los valores de tiempo elegidos en el estudio de tiempos mostrado en la figura 217 se determinaron por el método modal.

Ha de recordarse que el observador aplicará su factor de valoración al tiempo elegido para el elemento; así que hay que dar a la determinación de dicho tiempo elegido la misma cuidadosa consideración que se da a la determinación del factor de valoración.

Una vez elegido el valor de tiempo para cada elemento, el paso siguiente para establecer el tiempo tipo es determinar y aplicar el factor de valoración.

Determinación del factor de valoración.—Posiblemente, la parte del estudio de tiempos más importante y más difícil es la de valorar la velocidad (1) o *tempo* a que está trabajando la persona mientras se realiza el estudio. El observador de tiempos ha de juzgar la velocidad del operario mientras hace el estudio de tiempos. A esto es a lo que se llama valoración.

Definición de valoración.—Valoración es el proceso durante el cual el observador de tiempos compara la actuación (velocidad o *tempo*) del operario bajo observación con su propio concepto de actuación normal (2). Más adelante se aplicará este factor de valoración al valor de tiempo para obtener el tiempo normal de la tarea.

En la valoración interviene la opinión del observador de tiempos y, desgraciadamente, no hay forma de establecer un tiempo tipo para una operación sin que entre en el proceso el juicio del observador de tiempos.

Todos sabemos que hay una gran diferencia en la velocidad a la que trabajan naturalmente gentes diversas. Por ejemplo, algunas personas caminan a una marcha lenta y otras a una marcha rápida. Como es natural, el tiempo que necesita una persona para andar una distancia dada varía inversamente con su velocidad. La velocidad o *tempo* puede valorarse. Si se considera como actuación normal, o 100 por 100, la velocidad de 4,8 Km por hora, tendremos una base normalizada para utilizarla en la valoración de la tarea de andar. Entonces, el andar a 3,2 Km por hora equivaldría al 66,7 por 100 de la norma y caminar a 6,4 Km por hora equivaldría al 133,4 por 100 de la norma. Estamos midiendo realizaciones. Si la tarea es ir de un sitio a otro y si el caminar a la velocidad de 4,8 Km por hora se considera como normal o 100 por 100, entonces, sin duda alguna, podemos utilizar con precisión un factor de valoración, en forma de porcentaje, para medir la actuación.

Sistemas de valoración.—Aun cuando el sistema de valoración que

(1) Los términos *velocidad, esfuerzo, tempo* y *marcha* se refieren al grado de velocidad de los movimientos del operario. *Velocidad* y *esfuerzo* son vocablos utilizados comúnmente por los observadores de tiempos y la palabra *actuación* está ganando adeptos. En este volumen, estos términos se utilizarán sinónimamente y *todos tendrán solo un significado,* que es *velocidad de movimiento.*

(2) S. A. M., Comité sobre la valoración de estudios de tiempos. *Advanced Management,* vol. VI, núm. 3, pág. 110.

se describe detalladamente en este capítulo es el más difundido en la actualidad, deben mencionarse otros cinco sistemas.

1) *Valoración según habilidad y esfuerzo.*—Hacia 1916, Charles E. Bedaux introdujo en los Estados Unidos el sistema Bedaux de pago de salarios y de control de la mano de obra. Su plan estaba basado en el estudio de tiempos, expresando los tiempos tipo en puntos o "Bés". Un punto o B era simplemente otro nombre de lo que ahora llamamos un minuto tipo. Su procedimiento de estudio de tiempos tenía en cuenta la valoración de la habilidad y el esfuerzo del obrero y el empleo de una tabla de suplementos por fatiga. Bedaux valoraba en 60 puntos la actuación normal o, dicho de otro modo, un obrero trabajando a ritmo normal debía producir 60 puntos por hora, y, para alcanzar la prima media, de 70 a 80 puntos por hora.

Antes de Bedaux, la valoración de la actuación se hacía principalmente seleccionando cronometrajes de los datos de estudio de tiempos. De esta manera, si se consideraba que el obrero trabajaba con ritmo rápido, se tomaba como tiempo representativo del elemento un valor considerablemente superior a la media; si el obrero trabajaba con ritmo lento, se elegía entonces un valor inferior a la media. Sobre este método irregular de valoración de la actuación del operario, el sistema Bedaux marcó una positiva mejora.

2) *Sistema Westinghouse de valoración.*—En la Westinghouse, para valorar la actuación del operario, se ideó un sistema de cuatro factores (3), que fue publicado por primera vez en 1927. Estos cuatro factores son: 1) habilidad; 2) esfuerzo; 3) condiciones de trabajo, y 4) regularidad. Para cada factor existe una escala de valores numéricos dispuestos en forma tabular (Fig. 229) y el tiempo elegido obtenido del estudio de tiempos se normaliza multiplicándolo por la suma de las evaluaciones de los cuatro factores.

Por ejemplo, si el tiempo seleccionado para una operación es 0,50 minutos y las calificaciones fueron:

Habilidad, excelente, B2	0,08
Esfuerzo, bueno, C2	0,02
Condiciones, buenas, C	0,02
Regularidad, buena, C	0,01
TOTAL	0,13

el tiempo normal para esta operación sería 0,565 minutos (0,50 × 1,13 = = 0,565).

3) *Valoración sintética.*—Valoración sintética (4) es el nombre que

(3) Descrito en *Time and Motion Study*, 3.ª ed., por S. M. LOWRY, H. B. MAYNARD y G. J. STEGEMERTEN, Mc Graw-Hill Book Co., Nueva York 1940, pág. 233.

(4) R. L. MORROW, en su *Motion Economy and Work Measurement*. Ronald Press Co., Nueva York, 1957, pág. 443.

se da a un método de valorar la velocidad del operario partiendo de valores predeterminados de los tiempos empleados en los movimientos. El procedimiento consiste en hacer un estudio de tiempos por el método corriente y comparar luego el tiempo real de tantos movimien-

HABILIDAD			ESFUERZO		
0,15	A1	Superior	0,13	A1	Excesivo
0,13	A2		0,12	A2	
0,11	B1	Excelente	0,10	B1	Excelente
0,08	B2		0,08	B2	
0,06	C1	Buena	0,05	C1	Bueno
0,03	C2		0,02	C2	
0,00	D	Media	0,00	D	Medio
—0,05	E1	Aceptable	—0,04	E1	Aceptable
—0,10	E2		—0,08	E2	
—0,16	F1	Pobre	—0,12	F1	Pobre
—0,22	F2		—0,17	F2	
CONDICIONES			**REGULARIDAD**		
0,06	A	Ideales	0,04	A	Perfecta
0,04	B	Excelentes	0,03	B	Excelente
0,02	C	Buenas	0,01	C	Buena
0,00	D	Medias	0,00	D	Media
—0,03	E	Aceptables	—0,02	E	Aceptable
—0,07	F	Pobres	—0,04	F	Pobre

FIG. 229.—Tabla de valoración de la actuación.

tos como sea posible con los valores predeterminados para los mismos elementos, pudiendo establecerse una relación entre el valor predeterminado del tiempo para cada elemento y su valor real. Esta relación es el índice de actuación o factor de valoración para el operario en lo que se refiere a un elemento. La fórmula para el cómputo del factor de valoración de la actuación es

$$R = \frac{P}{A}$$

siendo

R = factor de valoración de la actuación.
P = tiempo tipo predeterminado para cada elemento, expresado en minutos.
A = valor medio del tiempo real (tiempo seleccionado) para el mismo elemento P expresado en minutos.

En la tabla 15 se explica el método de cálculo. El tiempo seleccionado para los elementos 1 y 3 fue 0,12 y 0,17 minutos, respectivamente. Los valores predeterminados para estos elementos eran 0,13 y

0,19 minutos, respectivamente. En el primer caso el factor de valoración era 108 por 100 (0,13/0,12 × 100 = 108 por 100) y en el segundo caso 112 por 100 (0,19 × 100/0,17 = 112 por 100). El factor medio de valoración era la media de 108 y 112, o sea, 110, que es el que se aplicó a todos los elementos de este estudio. Desde luego, el factor de valoración se aplica solamente a los elementos manuales.

TABLA XV.—COMPARACIÓN ENTRE LOS TIEMPOS MEDIOS REALES Y LOS TIEMPOS PREDETERMINADOS

Elemento del estudio de tiempos	Tiempo real (seleccionado) en minutos	Tiempo predeterminado, en minutos	Factor de valoración calculado $R = \frac{P}{A}$	Factor medio de valoración de la actuación
1	0,12	0,13	108	110
2	0,09			*110*
3	0,17	0,19	112	110
4	0,26			*110*
5	0,32			*110*
6	0,07			*110*

4) *"Valoración objetiva"*.—Se ha dado este nombre a otro método de valorar la actuación (5). En primer lugar, la velocidad del operario se compara con un ritmo tipo, que es independiente de la dificultad de la tarea. El observador se limita a valorar la velocidad de los movimientos o ritmo de la actividad, sin prestar atención al trabajo mismo. Una vez valorado el ritmo, se añade un suplemento según la dificultad de la tarea, en la cual se consideran seis clases, a las que corresponde una tabla de porcentajes. Los seis factores que se tienen en cuenta son: 1) la amplitud de movimientos del cuerpo; 2) uso de pedales; 3) trabajo con ambas manos; 4) coordinación de los ojos y las manos; 5) exigencias de manipulación, y 6) peso. El siguiente ejemplo muestra cómo se determina el tiempo normal para un elemento en este sistema de valoración.

EJEMPLO: Si el tiempo seleccionado es 0,26 minutos, el ritmo de trabajo es 95 por 100, y si la suma de todos los suplementos es 20 por 100, el tiempo normal será 0,297 minutos (0,26 × 0,95 × 1,20).

5) *Valoración fisiológica del nivel de actuación*.—Se han hecho muchos estudios acerca de la relación entre el trabajo físico y la cantidad de oxígeno consumida por el sujeto (véanse págs. 564 a 594). Más recientemente se ha descubierto que la variación en el ritmo cardíaco

(5) M. E. MUNDEL, *Motion and Time Study*, 3.ª ed., Prentice-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1960, pág. 406.

es también una medida fidedigna de la actividad muscular y, además, mucho más fácil de realizar que la del consumo de oxígeno (6), pudiendo emplearse un estetoscopio ordinario y un cronómetro, o un dispositivo de medida a distancia, sin necesidad de interferir las actividades del sujeto en estudio.

El procedimiento consiste en que la persona cuyo trabajo se estudia realice su tarea durante cierto tiempo; medir su ritmo cardíaco al término de este período y nuevamente uno, dos y tres minutos después de cesar el trabajo, mientras el sujeto descansa sentado. Parece posible determinar un ritmo cardíaco normal o básico, en cuyo caso podrán medirse nuevas tareas tomando aquel valor como referencia. Así, por ejemplo, si un obrero, trabajando según un método determinado, tornea cinco piezas en diez minutos, el cambio de su ritmo cardíaco (a partir del estado de reposo) será un índice del esfuerzo requerido para esa tarea determinada. A causa de las diferencias individuales será necesario que el obrero ejecute una o más "tareas de referencia", para poder comparar su ritmo cardíaco con el que se considere como norma en la fábrica o tipo de industria de que se trate.

El hecho de que en todo el mundo haya cada vez más gente que estudia este problema, hace pensar que este método de medida del trabajo llegará a tener aplicación. Para trabajo muy ligero y para actividades físicas que no ejercen influencia sobre el ritmo cardíaco, la plataforma Lauru puede ser un adecuado dispositivo de medida (7). Véase capítulo XXXV.

6) *Valoración de la actuación*.—En Estados Unidos, el sistema

(6) JAMES H. GREEN, W. H. M. MORRIS y J. E. WIEBERS: "A Method for Measuring Physiological Cost of Work", *Journal of Industrial Engineering*, vol. 10, núm. 3, págs. 180-184, mayo-junio 1959; C. J. ANSON: "The Physiological Measurement of Effort", *Time and Motion Study*, Londres, vol. 3, núm. 2, páginas 26-31, febrero 1954; LUCIEN BROUHA: "Physiological Approach to Problems of Work Measurement", *Proceedings Ninth Annual Industrial Engineering Institute*, Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, febrero 1957; J. A. C. WILLIAMS: "Physiological Measurements in Work Study", *Time and Motion Study*, Londres, vol. 3, núm. 11, págs. 18-21, noviembre 1954; H. H. YOUNG: "The Relationship between Heart Rate and the Intensity of Work for Selected Tasks", *Journal of Industrial Engineering*, vol. 7, núm. 6, páginas 300-303, noviembre-diciembre 1956; W. E. SPLINTER y C. W. SUGGS, "Instrument Records Heart Rate for Energy Studies", *Agricultural Engineering*, vol. 37, núm. 9, págs. 618-619, septiembre 1956. Véase también cap. 34, "Medida del trabajo por métodos fisiológicos".

(7) LUCIEN BROUHA: "Physiological Techniques in Work Measurement", *Proceedings Eleventh Annual Management Engineering Conference*, SAM-ASME, Nueva York, págs. 129-158, abril 1956; LUCIEN LAURU: "Introduction de la Mesure dans l'Étude et la Simplification des Mouvements", *Travail et Méthodes*, núm. 73, págs. 27-35, diciembre 1953, y págs. 27-37, enero 1954; LUCIEN LAURU y LUCIEN BROUHA: "Physiological Study of Motions", *Advanced Management*, vol. 22, núm. 3, págs. 17-24, marzo 1957.

más empleado es el de valorar un solo factor—velocidad o ritmo del obrero—. Se denomina "valoración de la actuación" y el factor de valoración puede expresarse en porcentaje, en puntos por hora, o en otras unidades (8). Emplearemos el sistema de porcentaje, con actuación normal igual a 100 por 100; por ejemplo, caminar a la velocidad de 4,8 Km por hora es igual a 100 por 100. Puesto que este sistema es el que más se utiliza, en las páginas que siguen se expondrá detalladamente.

El campo de las capacidades humanas.—Por nuestra observación y experiencia propias, sabemos que hay una gran diferencia entre las capacidades y habilidades de las personas en cualquier actividad vital. Hemos visto campeones atléticos que han recorrido la milla en 3 minutos y 58 segundos; los 10.000 metros, en 28 minutos y 42,8 segundos, y hemos sabido de hazañas de fuerza como la de un hombre que levantó sin ayuda 628 Kg. No obstante, todas estas son excepciones raras. Wechsler muestra que el campo de la mayor parte de las actividades mentales y físicas varía de 2 a 1, si no se consideran las excepciones raras (9). Esto es, el mejor tiene aproximadamente el doble de capacidad que el menos dotado.

En la fábrica, esto significa que, si un grupo grande de personas hiciera exactamente el mismo trabajo manual, utilizando el mismo método, el operario más rápido produciría, en un tiempo dado, aproximadamente el doble de la producción que hace el más lento. Por ejemplo, la tabla XVI muestra la actuación media diaria de 121 operarias que manejaban

(8) Una investigación sobre la práctica del estudio de tiempos entre 82 empresas mostró que el 73 por 100 aplica el sistema del 100 por 100, el 16 por 100 aplica el sistema de puntos, el 11 por 100 el sistema Westinghouse y el 4 por 100 otros sistemas. RALPH M. BARNES: *Industrial Engineering Survey,* Universidad de California, 1963.

(9) DAVID WECHSLER: *The Range of Human Capacities,* 2.ª ed., pág. 94, Williams & Wilkins, Baltimore 1952.

(10) Las 121 operarias empleadas en este trabajo formaban parte de una organización grande y bien administrada, con una reputación excelente a través de un largo período de años. Este trabajo concreto se pagaba a una tasa horaria base garantizada igual a la de la colectividad y las operarias tenían la oportunidad de ganar una prima. Se fijaron los tiempos tipo cuidadosa y exactamente, mediante un estudio de tiempos y se garantizó que no se alterarían. Cuando se hizo el registro de la producción mostrado en la tabla XVI, esta operación venía realizándose desde hacía muchos años y el tiempo tipo se había aplicado también durante mucho tiempo. Las operarias que trabajaban en esta tarea habían sido seleccionadas e instruidas cuidadosamente y parecían estar convencidas de que no había ningún *límite en las ganancias.* Esto es, no existía evidencia alguna de que las operarias frenaran la producción por miedo a que las tarifas se rebajaran si una operaria ganaba *demasiado.* Por consiguiente, la producción de estas 121 operarias representa la actuación que puede esperarse de un grupo de personas empleadas en una tarea en la cual están razonablemente bien acopladas.

TABLA XVI.—DIFERENCIA DE ACTUACIÓN DE OPERARIAS QUE TRABAJAN EN TORNOS SEMIAUTOMÁTICOS

(ACTUACION MEDIA DE OPERARIAS EN UN DIA)

Número de operarias	Producción media en piezas por hora, en el día	DISTRIBUCION		
		Número	Porcentaje	Recorrido
1	104	1	1	100-109
2	98	5	4	90-99
1	91			
2	90			
2	89	25	21	80-89
2	87			
1	86			
2	85			
6	84			
2	83			
1	82			
1	81			
8	80			
4	79	40	33	70-79
1	78			
3	77			
4	76			
4	75			
1	74			
2	73			
4	72			
3	71			
14	70			
3	69	45	37	60-69
2	68			
3	67			
4	66			
3	64			
6	63			
4	62			
6	61			
14	60			
1	58	5	4	50-59
1	55			
1	54			
1	52			
1	51			
TOTAL: 121	MEDIA: 72	121	100	

TABLA XVII.—ACTUACIÓN DE LOS PARTICIPANTES EN UN EXPERIMENTO CONSISTENTE EN COLOCAR 32 BLOQUES DE MADERA DE 9,5 × 9,5 × 50,8 MM (DISPUESTOS PREVIAMENTE EN CUATRO FILAS SOBRE LA MESA DE TRABAJO) EN UN AGUJERO DE 50,8 × 101,6 MM, SITUADO A 114 MM DEL BORDE DE LA MESA

Número de personas	Tiempo del ciclo en minutos	DISTRIBUCION	
		Número en el intervalo	Porcentaje en el intervalo
1	0,28	30	6
5	0,30		
4	0,31		
20	0,32		
20	0,33	150	30
27	0,34		
33	0,35		
33	0,36		
17	0,365		
20	0,37		
16	0,375	199	40
31	0,38		
5	0,385		
35	0,39		
47	0,40		
24	0,41		
25	0,42		
16	0,425		
13	0,43	109	22
11	0,435		
18	0,44		
27	0,45		
10	0,46		
15	0,47		
11	0,48		
4	0,49		
1	0,495	12	2
2	0,50		
2	0,52		
6	0,54		
1	0,60		
TOTAL: 500	MEDIA: 0,395	500	100

tornos semiautomáticos, siendo idéntico el trabajo de todas las operarias (10). Todas ellas tenían experiencia en la operación y trabajaban bajo un sistema de primas que percibían por todo trabajo producido a partir de las 60 piezas por hora; este era el nivel de actuación normal establecido por el estudio de tiempos. Como indica la tabla, la operaria peor produjo 51 piezas por hora y la mejor 104 piezas por hora, o sea, una relación de 1 a 2,04.

Recientemente, T. R. Turnbull llevó a cabo un experimento en su fábrica, en el cual 500 operarios tiraban 32 bloques de 9,5×9,5×50,8 milímetros (dejados previamente en posición en cuatro filas, sobre una mesa de trabajo) dentro de un agujero de 50,8 × 101,6 mm, situado a 114 mm del borde de la mesa. Primeramente se explicaba a cada *operario* el método de realizar la tarea y, a continuación, se le permitía ver cómo la persona que le precedía ejecutaba el trabajo, antes de pedirle que tirara los 32 bloques dentro del agujero tan rápidamente como le fuera posible. Un observador cronometraba el tiempo empleado en ejecutar la operación. Como muestra la tabla XVII, el operario más lento empleó 0,60 minutos (100 ciclos por hora), mientras que el más rápido empleó solo 0,28 minutos (214 ciclos por hora), o sea, una relación de 1 a 2,14.

Intervalo de producción horaria media en piezas		Número
50 a 59	𝍸	5
60 a 69	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	45
70 a 79	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	40
80 a 89	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	25
90 a 99	𝍸	5
100 a 109	I	1

FIG. 230.—Registro en el que se muestra el número de operarias en cada intervalo. Producción media en piezas por hora de 121 mujeres trabajando en tornos semiautomáticos.

Cabe esperar esta variación de 1 a 2 únicamente si se considera un número muy grande de trabajadores como los que forman la dotación de una fábrica. En cualquier grupo grande es de esperar que se obtenga un desajuste de cuando en cuando o que se encuentre un *as* entre los ejecutantes, cuyo rendimiento caiga fuera del recorrido.

Distribución de frecuencias.—Establecido el intervalo de velocidades de trabajo o *tempo* del operario, nos interesa conocer la distribución de un grupo de obreros que ejecutaran la misma tarea.

La figura 230 muestra una forma de disponer los datos de la producción horaria media de 121 operarias de torno semiautomático. Por cada operaria con una media comprendida entre 50 y 59 piezas por hora, en ese día determinado, se marcó un palote en la línea superior; en este grupo había cinco. Aquellas con una media entre 60 y 69 piezas por hora se marcaron en la segunda línea; en este grupo hubo 45. De igual forma se procedió con las operarias correspondientes a cada uno de los seis intervalos que van del más lento al más rápido, con un

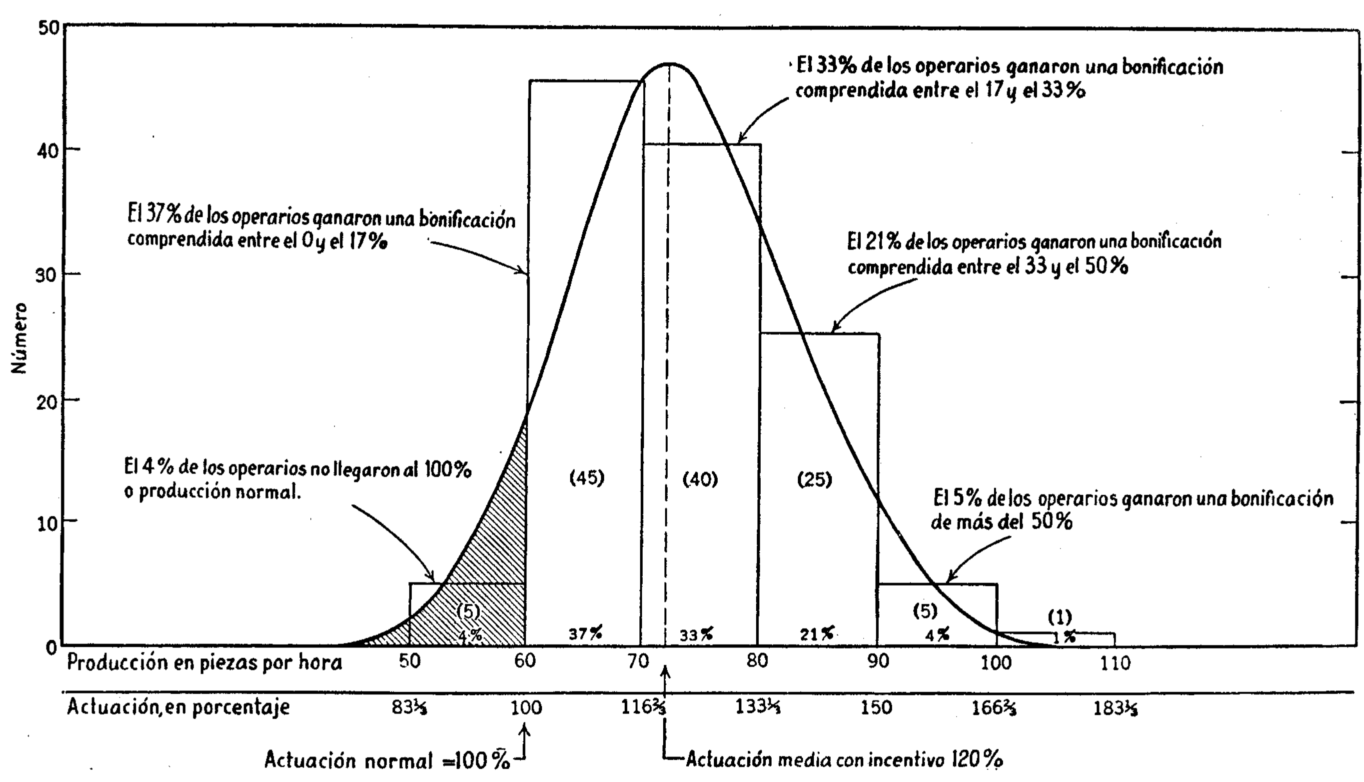


FIG. 231.—Curva que muestra la distribución de frecuencias de producción en piezas por hora de *121 operarias trabajando* en tornos semiautomáticos. Datos tomados de la tabla XVI.

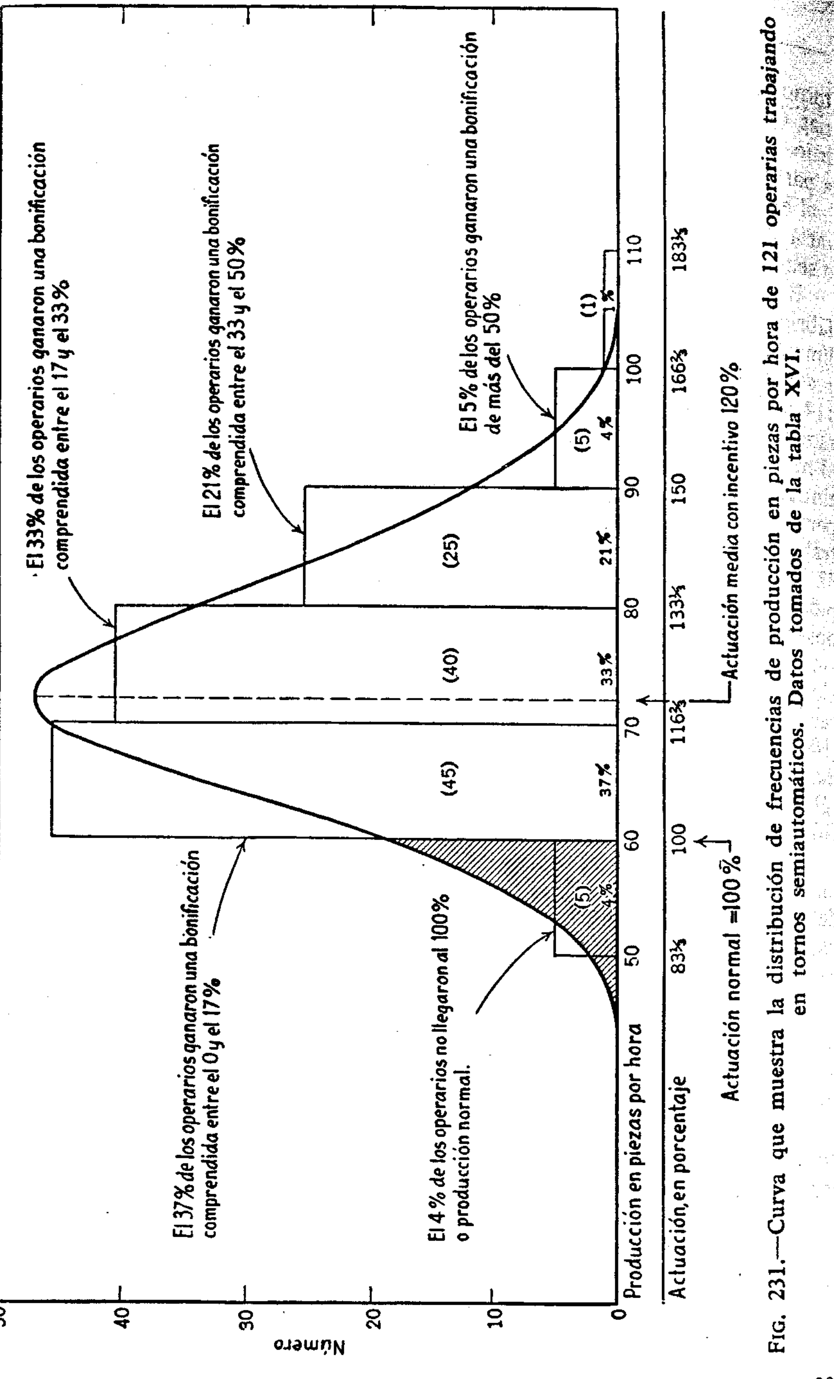


FIG. 231.—Curva que muestra la distribución de frecuencias de producción en piezas por hora de 121 operarias trabajando en tornos semiautomáticos. Datos tomados de la tabla XVI.

total de 121 personas. Esta representación gráfica se llama *distribución de frecuencias*.

La figura 231 muestra una forma más conveniente para presentar la distribución de frecuencias. Los registros de producción se hicieron hasta la más próxima unidad completa acabada cada día. La diferencia entre los valores extremos de la producción horaria, representada en el eje de las X, está dividida en seis intervalos. A la curva continua de la figura 231 se la denomina curva de distribución de frecuencias.

La figura 232 muestra la curva de distribución de frecuencias de las 500 personas que ejecutaron la operación de lanzar bloques.

Establecimiento de una norma como base para la valoración.—Los datos obtenidos por un estudio de tiempos muestran el tiempo empleado por el operario para ejecutar una serie de elementos consecutivos de trabajo, pero no dicen nada sobre la marcha a la que trabajó este cuando se hacía el estudio. El operario podría haber estado trabajando a un nivel análogo al reseñado al principio de la columna en la tabla XVI, o bien al correspondiente al final de la misma. Es necesario considerar la velocidad del operario, a fin de determinar cuál es la normal, o sea, la que permitirá a un operario que trabaje a marcha normal ejecutar la tarea en el tiempo fijado para la misma.

Se ha señalado la necesidad de una valoración y se ha indicado la forma de utilizar el factor de valoración. No obstante, es obvia la necesidad de un punto de referencia o norma de comparación, si es que se ha de utilizar la valoración como un dispositivo de medida. Hemos de definir lo que se entiende por velocidad normal o norma. Decir que la velocidad normal es aquella que se espera de una persona calificada trabajando sin primas por rendimiento o a una marcha de jornada de trabajo, utilizando un método normalizado, no define debidamente el término. En efecto, parece que no hay una definición escrita que sea totalmente satisfactoria. No obstante, puede demostrarse que existe una velocidad o ritmo normal del movimiento; se pueden hacer películas de las tareas típicas de la fábrica, en las que el obrero trabaja a una marcha normal, o a un nivel conocido por encima o por debajo del normal. A casi cualquier persona con inteligencia media se le puede enseñar a valorar el tiempo del operario refiriéndolo al tiempo tipo establecido.

Para representar la marcha normal se utiliza con frecuencia el caminar, en terreno llano, a la velocidad de 4,8 Km por hora (11). Se considera una exhibición de marcha normal la de una persona repartiendo una baraja en cuatro montones iguales en 0,50 minutos (12).

(11) RALPH PRESGRAVE: *Dynamics of Time Study*, 2.ª ed., pág. 154, McGraw-Hill Book Co., Inc., Nueva York, 1945.

(12) Una persona sentada a la mesa distribuye de la siguiente forma un mazo normal de 52 cartas: el mazo se sostiene en la mano izquierda y la carta

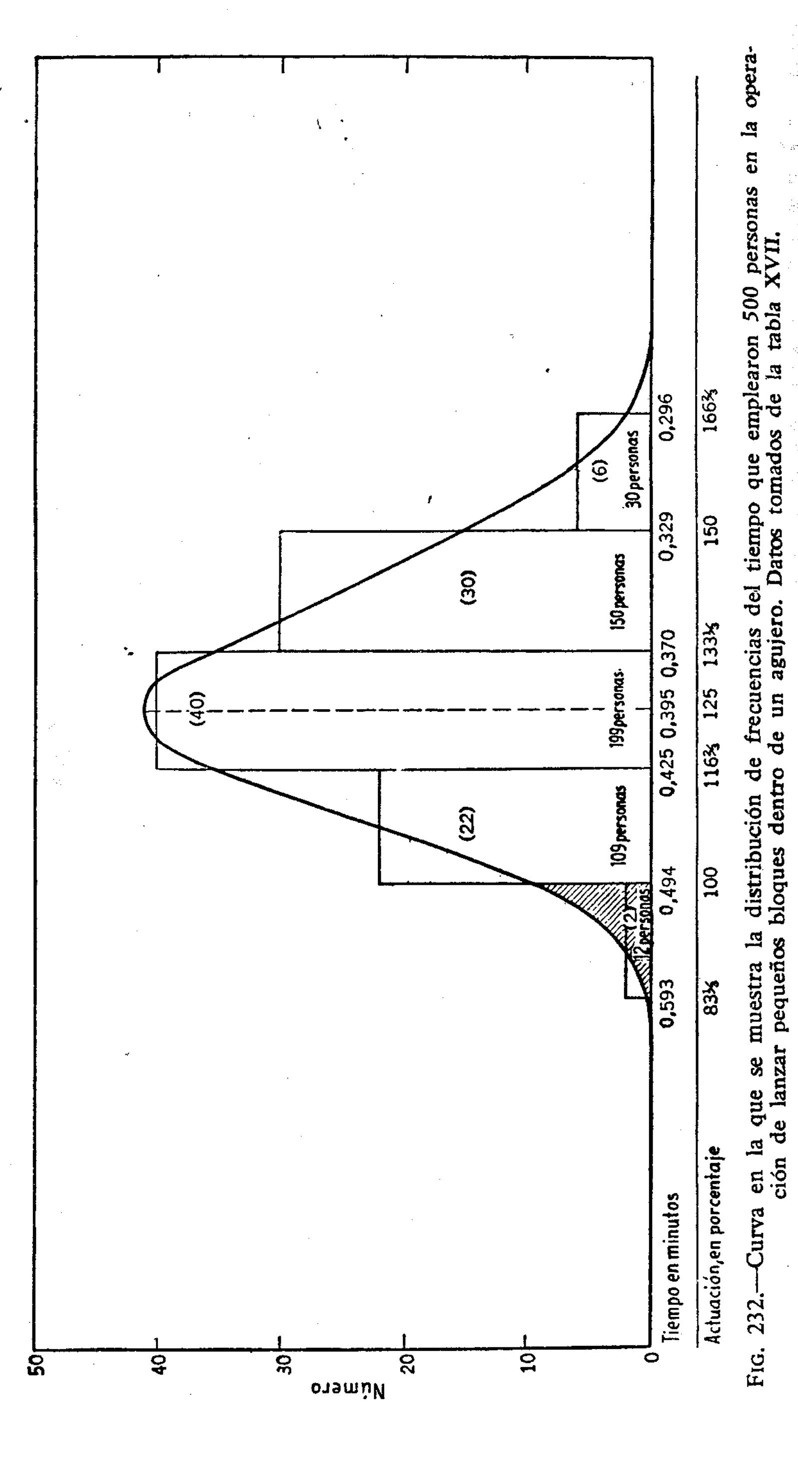


FIG. 232.—Curva en la que se muestra la distribución de frecuencias del tiempo que emplearon 500 personas en la operación de lanzar pequeños bloques dentro de un agujero. Datos tomados de la tabla XVII.

El llenado del clavijero normal de 30 clavijas utilizando el método de las dos manos, en 0,41 minutos, representa también la velocidad normal (13).

La General Motors Corporation ha hecho una serie de once películas, cada una de las cuales contiene uno de los diferentes órdenes de movimientos del cuerpo y los brazos que se encuentran corrientemente en el trabajo de fábrica. En cada una de estas once películas se muestra al operario trabajando a diez velocidades diferentes entre el 75 por 100 y el 150 por 100, con una velocidad normal de 100 por 100. Esta serie de películas se utiliza en los programas de enseñanza destinados a los analistas de tiempos y para que se familiaricen los inspectores y los encargados con la técnica del estudio de tiempos (14).

La Society for Advancement of Management (SAM) ha formado una colección de "Valoración de películas de estudio de tiempos" relativa a 24 operaciones fabriles y administrativas, que han sido valoradas por analistas de tiempo experimentados.

Algunas empresas han hecho investigaciones en común sobre el estudio de tiempos, de forma que cada una de ellas conoce la posición de su actuación tipo en relación con la media de la comunidad (15).

Valoración por medio de películas.—Quizá la forma más corriente de valorar por medio de películas sea hacer que operarios experimentados ejecuten la misma operación trabajando a distintas velocidades. Luego se empalman las diversas partes de la película, separándolas entre sí por trozos de película virgen y cada sección se identifica por medio de una cifra de un código. De esta manera, la *película* de una operación puede consistir en 10 ó 12 partes diferentes, que presentan 10 ó 12 velocidades de trabajo.

Otra forma corriente de valoración es el *film loop* o película conti-

---

superior se pone en posición con el pulgar y el índice de la mano izquierda. La mano derecha coge la carta en posición, la lleva y la tira sobre la mesa. Los cuatro montones de cartas se ponen en las cuatro esquinas de un cuadrado de 30 cm de lado. El único requisito es que las cartas han de estar todas boca abajo y que los cuatro montones estén separados entre sí.

(13) Para especificaciones del clavijero y una descripción del método, véase el capítulo XI.

(14) El autor tiene 11 películas mudas y tres sonoras, mostrando 25 operarios diferentes trabajando a un total de 80 velocidades distintas. Las películas mudas han sido valoradas por 5.000 personas de más de 350 Compañías diferentes de los Estados Unidos y Canadá y se ha establecido un factor tipo de valoración para cada operación mostrada en estas películas.

Una investigación realizada en 100 Empresas muestra que el 63 por 100 emplean películas como medio para comprobar las cualidades de valoración de sus analistas de tiempos. *Industrial Engineering Survey,* Universidad de California, 1957.

(15) Véase *Work Measurement Manual,* de Ralph M. Barnes, 4.ª ed., páginas 253-297.

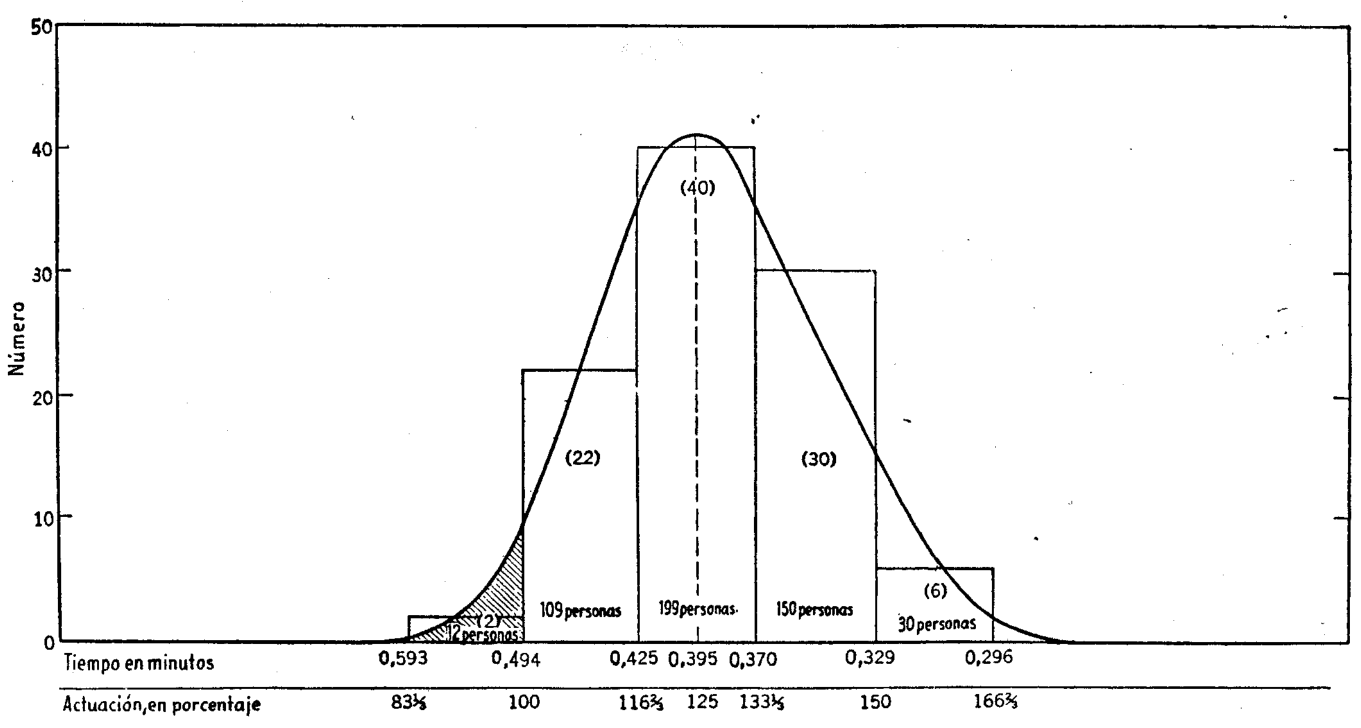


FIG. 232.—Curva en la que se muestra la distribución de frecuencias del tiempo que emplearon 500 personas en la operación de lanzar pequeños bloques dentro de un agujero. Datos tomados de la tabla XVII.

nua. Con cada parte de la película mencionada se forma una cinta continua uniendo el comienzo y el final de la misma, lo que permite colocar la película en el proyector y proyectarla tantas veces como sea necesario. Evidentemente, puede hacerse el empalme en cualquier orden que se desee.

Aún puede hacerse la película de otra forma. Por ejemplo, en cada cuadro de película pueden impresionarse 4, 6 ó 12 imágenes. Es decir, el área de un cuadro se subdivide en secciones rectangulares y en cada una de ellas se impresiona la película para cada velocidad, escalonadamente, desde el ritmo más lento al más rápido. Así, se dispone de 12 obreros trabajando simultáneamente a 12 velocidades distintas sobre la pantalla. A este tipo de película se le llama *de imágenes múltiples*.

En cualquiera de estas tres formas, puede emplearse la película como medio para formar el personal de valoración de la actuación y también para refrescar los conocimientos. Con fines de comparación se puede utilizar la película continua o la de imágenes múltiples. Si se ha hecho una película de la operación en estudio, puede proyectarse sobre una pantalla al lado de la película de imágenes múltiples. De esta manera, el analista puede tomar fácilmente como referencia la película de imágenes múltiples, a fin de valorar la película "desconocida".

Relación entre "marcha normal" y "marcha media con primas por rendimiento.—Dado que la mayor parte de los tiempos tipo se utilizan como base para algún plan de primas por rendimiento, nos interesa la relación entre la marcha normal y la marcha media esperada de aquellos que trabajan con este incentivo. Las ganancias medias por primas en los Estados Unidos oscilan entre el 15 y el 45 por 100, con una media alrededor del 25 por 100 al 30 por 100.

A continuación se expone cómo puede establecerse en una fábrica la relación entre la marcha normal y la marcha media con primas por rendimiento. Este ejemplo sirve igualmente para subrayar el punto de que la actuación de la gran mayoría de obreros que trabajan con primas por rendimiento estará muy próxima a la media del grupo. Si la marcha media con primas por rendimiento es de 125 por 100, es de esperar que la producción horaria media de las dos terceras partes de los obreros variará entre el 15 por 100 por debajo de este punto al 15 por 100 por encima. Solo el 3 ó el 4 por 100 del grupo excederá el nivel de actuación del 150 por 100, y muy raramente pasará un operario el nivel del 160 al 165 por 100.

Las manifestaciones anteriores se ven apoyadas por la curva de distribución normal (véase Fig. 233). Existen bastantes razones para creer que si las velocidades de trabajo de cada miembro de un grupo grande de personas, tal como el que se encontraría en una fábrica, se llevaran a lo largo del eje horizontal, de acuerdo con la magnitud expresada en

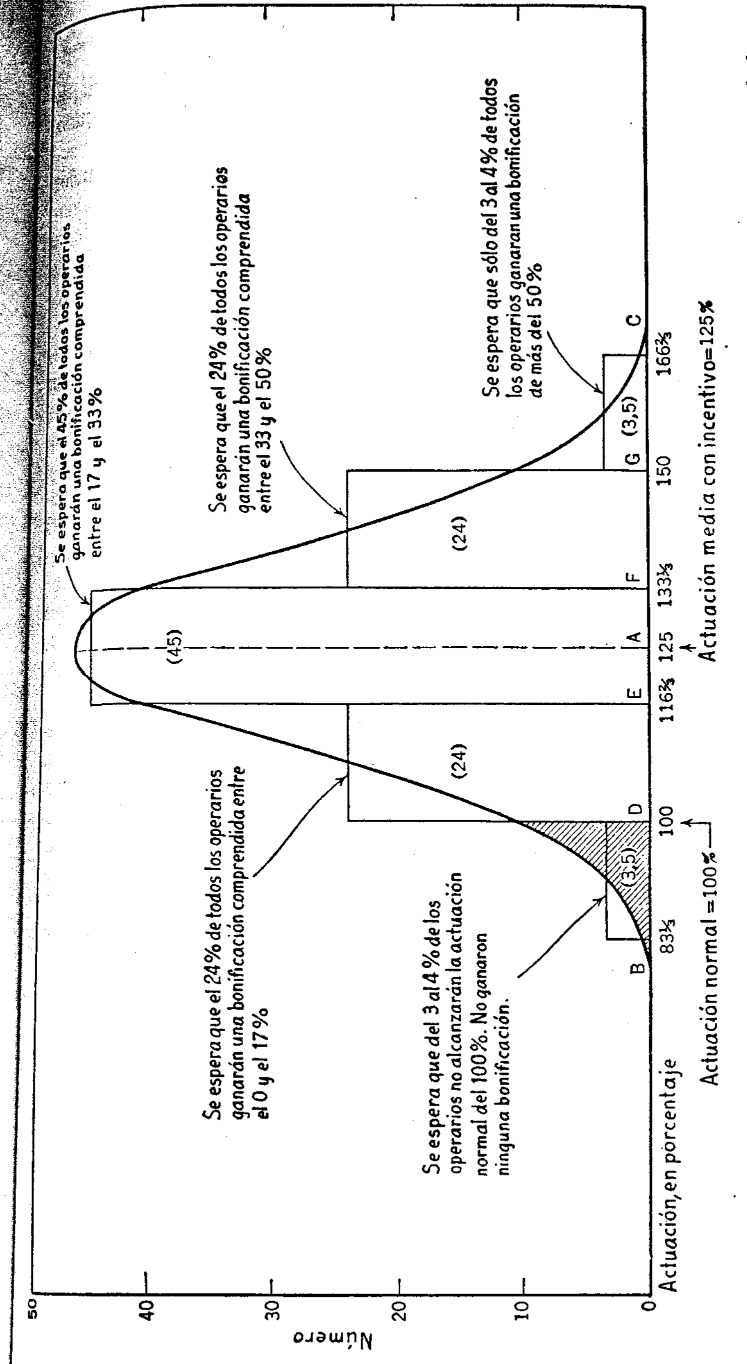


FIG. 233.—Diagrama en el que se muestra el número de operarias encuadradas en cada intervalo de la gama total de actuaciones, según la curva de distribución normal. La relación de la operaria más lenta (83 1/3 por 100) a la más rápida (166 2/3 por 100) es de 1 a 2. Se utiliza un plan de primas por rendimiento del 100 por 100. Se supone que se pagará una prima por toda producción que exceda la normal. Esto es, por cada aumento de producción del 1 por 100 por encima de la normal, el operario percibe un salario adicional del 1 por 100 sobre su tarifa base horaria. La tarifa base es el salario base pagado a todo operario, llegue o no a alcanzar la actuación del 100 por 100. Esta tarifa horaria se establece por una valoración de la tarea.

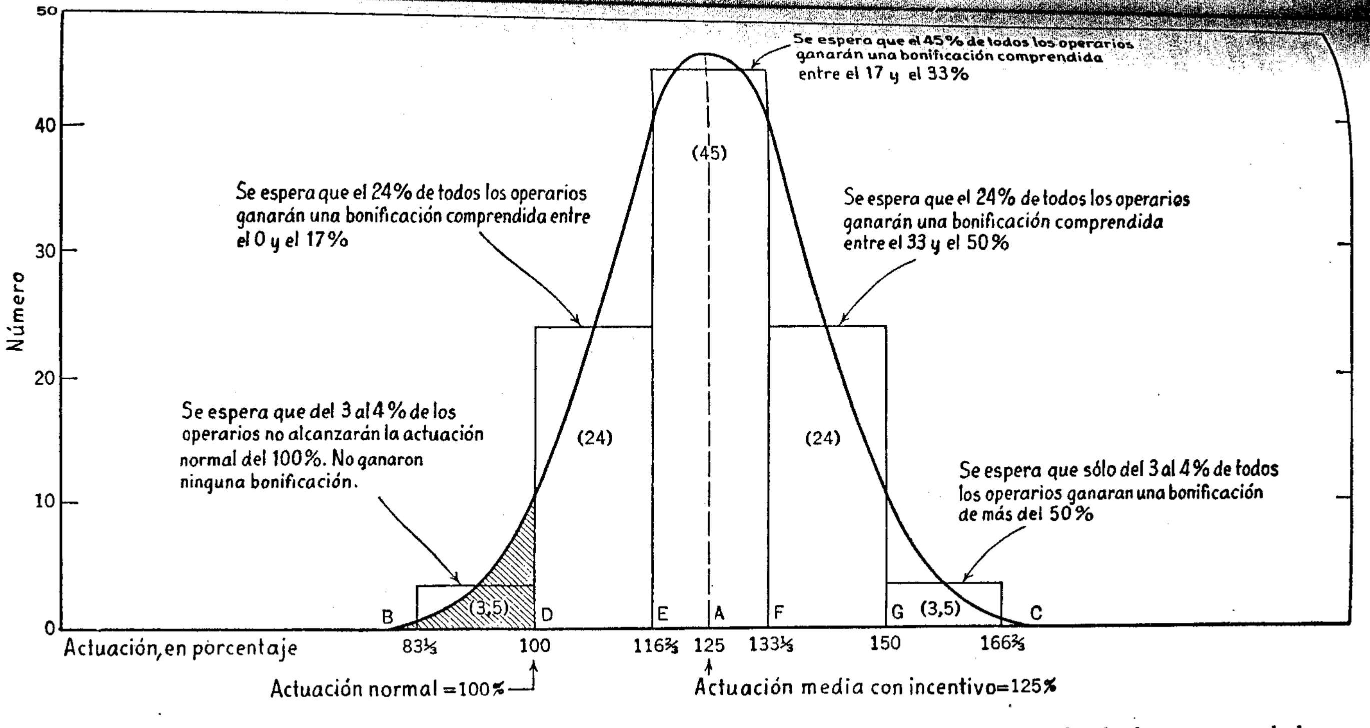


FIG. 233.—Diagrama en el que se muestra el número de operarias encuadradas en cada intervalo de la gama total de actuaciones, según la curva de distribución normal. La relación de la operaria más lenta (83 1/3 por 100) a la más rápida (166 2/3 por 100) es de 1 a 2. Se utiliza un plan de primas por rendimiento del 100 por 100. Se supone que se pagará una prima por toda producción que exceda la normal. Esto es, por cada aumento de producción del 1 por 100 por encima de la normal, el operario percibe un salario adicional del 1 por 100 sobre su tarifa base horaria. La tarifa base es el salario base pagado a todo operario, llegue o no a alcanzar la actuación del 100 por 100. Esta tarifa horaria se establece por una valoración de la tarea.

porcentaje de la normal, y la escala vertical indicara la frecuencia, la forma de la curva se ajustaría con bastante aproximación a la curva acampanada normal.

Admitido este supuesto, puede dibujarse una curva de distribución normal (véase Fig. 233), con cinco intervalos que cubren una gama total de velocidades del 200 por 100. La marcha del operario más lento es la mitad de la del operario más rápido, lo que da una relación de 1 a 2. El siguiente paso es establecer el punto sobre la curva, que representará la velocidad normal (16).

Si suponemos que este grupo de personas está ya trabajando con primas por rendimiento, y su velocidad media con este incentivo es un 25 por 100 por encima de lo normal, el punto *A* de la figura 233 puede considerarse el 125 por 100 y representará la media del grupo. Si la longitud de la línea *B-C* representa un intervalo de velocidad del 83 y 1/3 al 166 y 2/3 por 100, el punto *D* representa el 100 por 100 o velocidad normal. De manera similar, el punto *B* representa el 83 y 1/3 por 100, el punto *E* representa el 116 y 2/3 por 100, *F* representa el 133 y 1/3 por 100, *G* representa el 150 por 100 y *C* representa el 166 y 2/3 por 100. Por consiguiente, entre el 83 y 1/3 por 100 y el 166 y 2/3 por 100 hay una relación de 1 a 2. El número de cada una de las barras verticales representa el de personas por cada 100 que corresponden a cada uno de los cinco intervalos (17).

Como es natural, no hay que esperar que cualquier grupo de obreros se ajuste exactamente a la curva normal, aunque un examen de la figura 231 mostrará que la producción de este grupo de 121 operarias tiende a ajustarse a ella. Adviértase que la norma establecida por el estudio de tiempos era de 60 piezas por hora, esto es, 60 piezas por hora es igual a la actuación normal o 100 por 100. La producción media para la totalidad del grupo era de 72 piezas a la hora, que es el 20 por 100 por encima de la normal. Por consiguiente, en ese día concreto, la actuación media con prima por rendimiento para este grupo de trabajadores sería del 120 por 100. Había cinco operarias que trabajaban a una marcha tan lenta que no llegaban al 100 por 100 o nivel de actuación normal. No obstante, se les pagó el salario diario garantizado, aunque no se lo ganaban. La operaria más rápida obtuvo 104 piezas por hora, que es el 73 por 100 por encima del normal. En otras palabras, esta obrera trabajó a una marcha del 173 por 100.

(16) Este método para determinar la relación entre actuación normal y actuación media con primas por rendimiento, sugerido por Ralph Presgrave, parece ser el más lógico de cualquiera de los presentados hasta el momento. Véase *Dynamics of Time Study*, de Ralph Presgrave, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1945, cap. X.

(17) Para la fórmula de la curva de distribución normal, véase cualquier libro de estadística.

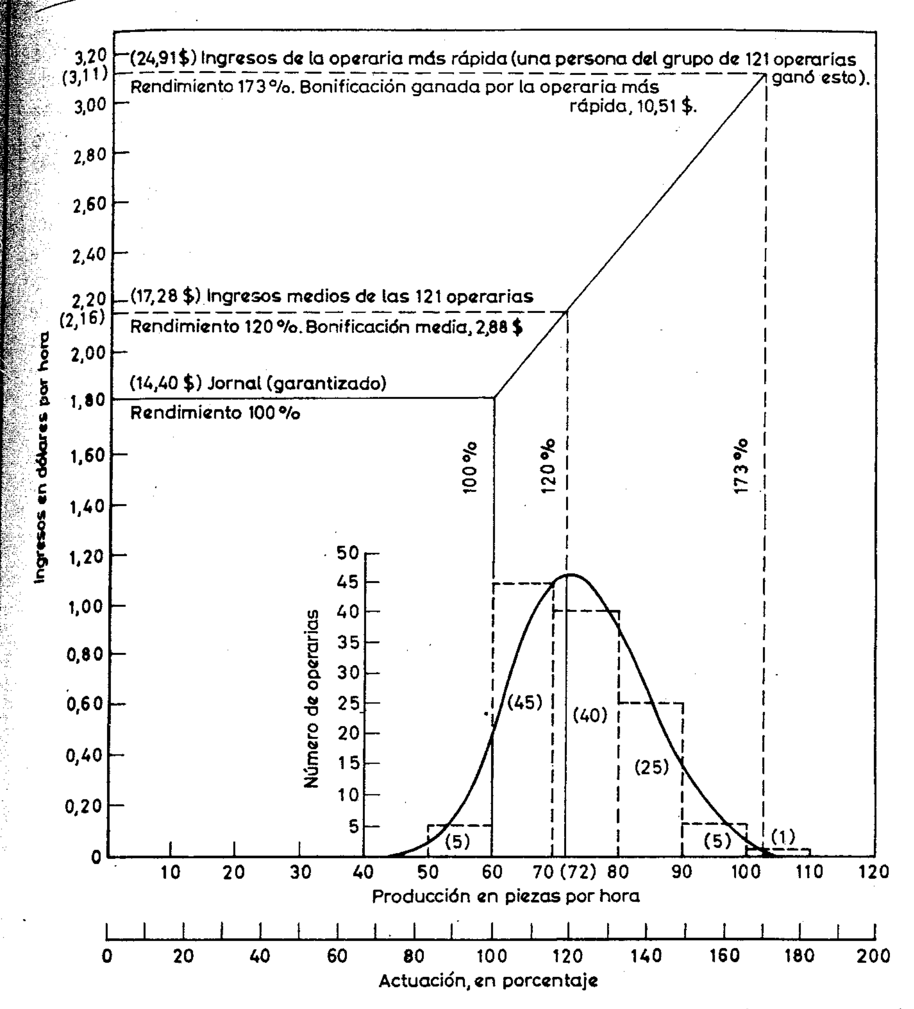


Fig. 234.—Curva de distribución e ingresos para 121 operarias de tornos semiautomáticos. La producción media es de 72 piezas por hora y los ingresos medios del grupo son el 20 por 100 por encima de la tarifa horaria garantizada.

La figura 234 muestra la curva de distribución y la de ganancias de 121 operarias de torno semiautomático.

La figura 232 muestra la curva normal de distribución de frecuencias de la operación de tirar bloques realizada por 500 personas.

Establecimiento de una norma de Empresa.—Una vez comprendidos completamente los razonamientos en que se basa la valoración,

cada Empresa debe establecer una norma para su propio uso. Se debe llegar a un acuerdo en cuanto a lo que ha de ser la marcha tipo o normalizada o nivel de actuación. El primer paso será establecer una norma para caminar, echar cartas y otras operaciones similares cuyo uso sea general en el país. Las normas dadas en las páginas 395 y 397 se utilizan con profusión.

Después se pueden tomar para la demostración algunas operaciones sencillas de la fábrica, que pueden ser ejecutadas por cualquiera. Se debe normalizar el método y establecer el tiempo para cada tarea, trabajando el operario a una marcha normal. Deben hacerse películas de tareas típicas de la fábrica a una velocidad de 1.000 exposiciones por minuto y establecer para cada una de dichas tareas la marcha del operario en porcentaje del normal. De esta forma se reunirá una colección de películas tipo de valoración para su uso en la fábrica como referencia. No solo se puede enseñar a valorar al observador de tiempos, sino también a los encargados, inspectores y operarios, como ya se hace en muchas fábricas en la actualidad.

Sistemas de valoración.—Hay diversos sistemas de valoración de uso general y, sin duda alguna, un observador de tiempos competente y bien entrenado puede obtener resultados satisfactorios mediante la utilización de cualquiera de ellos. Una investigación reciente muestra que el sistema de porcentajes es el de mayor uso, siguiéndole el de puntos.

Un estudio de las cuatro escalas de valoración, mostradas en la figura 235, puede ayudar a ver la diferencia entre estos sistemas. De la misma forma que podemos leer la temperatura en un termómetro con grados Fahrenheit y en otro con grados centígrados, aunque existe una diferencia en sus escalas, también podemos valorar la velocidad del operario, ya se utilice el sistema de porcentajes, el de puntos o alguna otra unidad de medida. Como el sistema de porcentajes es el de mayor uso en los Estados Unidos, se le utilizará en la mayor parte de los ejemplos de este volumen.

Escala A.—100 por 100, igual a actuación normal.—La actuación normal (18)—esto es, velocidad, *tempo* o marcha normal—es igual a 100 por 100 en la escala *A* de valoración. Cuando se utiliza esta escala, se espera que la marcha media con primas por rendimiento caerá entre el 115 y el 135 por 100, siendo la media para la totalidad del grupo aproximadamente del 125 por 100. Esto significa que los opera-

(18) Un estudio de 82 empresas muestra que el 87 por 100 emplea la actuación "normal" del operario como base para valoración en estudio de tiempos; el 12 por 100 emplea la actuación media del operario con primas por rendimiento. Un 1 por 100 de las Empresas estudiadas no contestaron a esta pregunta. *Industrial Engineering Survey*, 1963.

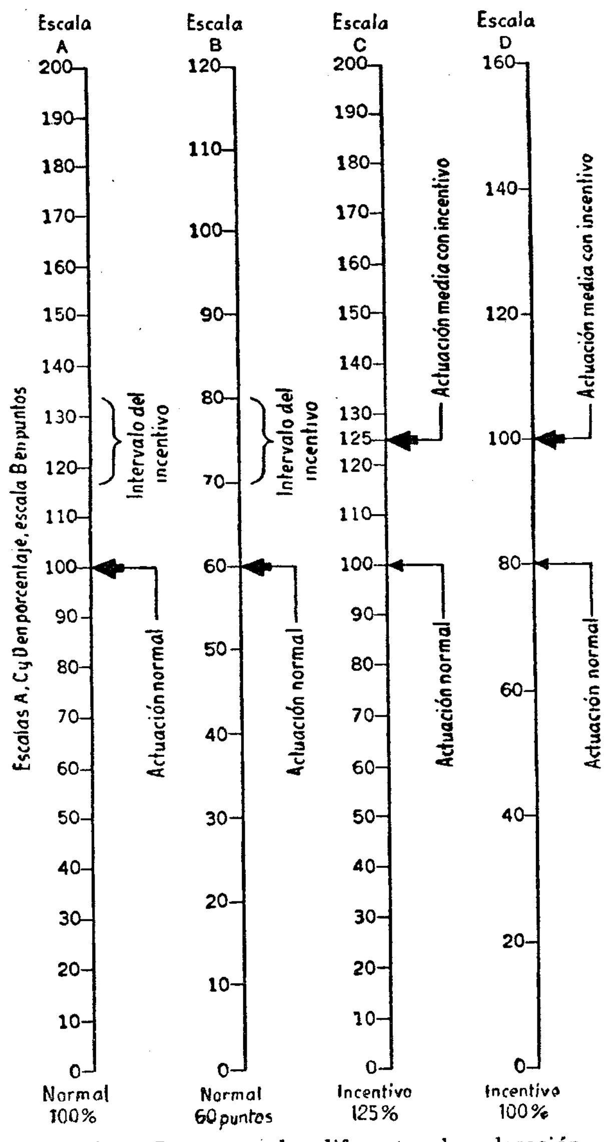


FIG. 235.—Cuatro escalas diferentes de valoración.

rios que producen diariamente de un 15 a un 35 por 100 más de lo normal, ganarán una prima extraordinaria del 15 al 35 por 100 por esta actuación extraordinaria. Se espera igualmente que, en ocasiones, una persona (posiblemente una en un millar) trabajará a una marcha dos

veces más rápida que la normal. La valoración de su actuación sería de 200 por 100 y, por consiguiente, ganaría el doble de su base horaria.

Escala B.—60 puntos, igual a la actuación normal.—La escala B ilustra el sistema de puntos, con 60 puntos como actuación normal y con la marcha media con primas por rendimiento alrededor de los 70 a 80 puntos. La actuación máxima esperada está alrededor de los 100 a 120 puntos. Esta escala es similar a la escala *A*, poniendo que 60 puntos equivalen al 100 por 100 de valoración de actuación.

Escala C.—125 por 100, igual a actuación con primas por rendimiento.—Hay algunos observadores de tiempo que utilizan la *marcha media con primas por rendimiento* como punto de referencia. Por ejemplo, una Compañía ha adoptado el 125 por 100 como el punto en el cual desearía cayera la producción media. Por consiguiente, trata de determinar este punto y de fijar en él su *tiempo tipo con primas por rendimiento* y, luego, al calcular la cantidad de ganancias que debería recibir una persona en este punto, añade un 25 por 100 a su base horaria.

Así, p. ej., en lugar de decir que el tiempo tipo es 1,00 minutos por pieza y la base de 2,40 dólares por hora, dando una valoración por pieza de 4 centavos, se dirá que la producción con primas por rendimiento esperada es de 75 piezas por hora y que, cuando el operario llegue a este punto, se le abonarán 3 dólares por hora (que es, claro está, a razón de 4 centavos por pieza). Aunque posiblemente este plan es tan bueno como cualquier otro, algunos creen que no es tan fácil de explicar a los operarios y que no tiene ventajas sobre un plan que utiliza la escala *A*.

Escala D.—100 por 100, igual a actuación con primas por rendimiento.—Algunas empresas utilizan una escala en la que el 100 por 100 es igual a la *marcha media con primas por rendimiento* y se fija generalmente este punto en 25 por 100 por encima de la actuación normal. Por consiguiente, en esta escala, el 80 por 100 es igual a la actuación normal.

Influencia de la velocidad y método sobre la producción.—Para resumir, hay dos factores principales que afectan al número de unidades de trabajo que puede producir, en un tiempo dado, una persona que ejecuta operaciones manuales. Estas son:

1. Velocidad de los movimientos musculares.
2. Método de hacer la tarea.

La velocidad o marcha, que se refiere a la valoración de la actividad física del obrero, puede medirse por el factor de valoración, como se acaba de describir.

Se define ordinariamente el método como la norma especificada de movimientos para ejecutar una operación dada. El método para una operación dada se define comúnmente como el conjunto específico de movimientos requeridos para ejecutarla y, desde el punto de vista práctico, ha de ser tal que pueda mantenerse en la fábrica un día y otro sin interrupción y enseñarse al obrero para que este lo ejecute. Con esta definición de método resulta obvio que diferentes personas trabajando en una tarea obtendrán, con la práctica, algunas mejoras. Podría creerse que se debe a que han adquirido más habilidad. No obstante, si se hiciera un análisis meticuloso de la operación se encontraría, por lo general, que una persona habilidosa utiliza un método diferente al que utilizaba cuando no era tan práctico en la tarea. En el capítulo XXXVII se presentan razones que apoyan este punto.

Como no hay ni una base ni una unidad para medir las diferencias en los métodos, la única forma satisfactoria para manejar este factor es la de normalizar el método y establecer un tiempo tipo para este método específico. Así, no podrá aplicarse el tiempo tipo si se utiliza otro método que no sea el normalizado.

Aunque en la fábrica media es de esperar alguna variación en el método, pueden reducirse a un mínimo las variaciones en producción debidas a tales cambios, si se hace con cuidado el perfeccionamiento del método apropiado de realizar una tarea y si se instruye a los operarios para que ejecuten el trabajo de la forma especificada antes de hacer el estudio de tiempos.

Aplicación del factor de valoración.—El factor de valoración se aplica al tiempo elegido para obtener el tiempo normal. Supóngase que, en una determinada operación de montaje de un interruptor eléctrico, el operario diera una actuación regular a través de la totalidad del ciclo y del estudio y que el tiempo total elegido fuera 0,80 minutos. Con un factor de valoración para el estudio de 110 por 100, el tiempo normal se obtendría como se expresa a continuación:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo elegido} \times \frac{\text{Valoración en porcentaje}}{100}$$

$$= 0{,}80 \times \frac{110}{100} = 0{,}88 \text{ minutos.}$$

Este valor de 0,88 minutos representa el tiempo que necesitaría un operario calificado y bien entrenado, trabajando a marcha normal, para completar un ciclo de la operación. Dicho valor no es el tiempo tipo de la tarea, ya que hay que agregar los suplementos al tiempo normal para obtener el tiempo tipo. En el capítulo siguiente se explicará la determinación y aplicación de los suplementos.

CAPITULO XXVI

ESTUDIO DE TIEMPOS: DETERMINACION DE LOS SUPLEMENTOS Y DEL TIEMPO TIPO

DETERMINACION DE SUPLEMENTOS

El *tiempo normal* de una operación no contiene ningún suplemento. Es meramente el tiempo que necesitaría un obrero calificado para ejecutar la tarea si trabajara a marcha normal. No obstante, no se espera que una persona trabaje todo el día sin alguna interrupción. El operario gastará cierto tiempo en sus necesidades personales, en descansar y por razones fuera de su control. Para estas interrupciones en la producción existen los suplementos, que se pueden clasificar como sigue: 1) suplemento por necesidades personales; 2) suplemento por fatiga; 3) suplemento por esperas.

El tiempo tipo ha de incluir tiempo para todos los elementos de la operación y, además, para todos los suplementos necesarios. El tiempo tipo es igual al tiempo normal más los suplementos. Los suplementos no forman parte del factor de valoración y se obtienen mejores resultados si se aplican separadamente.

Suplemento por necesidades personales.—Se considera en primer lugar el suplemento por necesidades personales, porque a todo obrero hay que asignarle un tiempo para dicho fin. La cantidad a que asciende este suplemento puede determinarse haciendo estudios que abarquen la totalidad del día o muestreos de trabajo de varias clases de tareas. Para trabajo ligero, en que el operario trabaja ocho horas al día sin períodos de descanso organizados, basta con un 2 a 5 por 100 (10 a 24 minutos) al día.

Aunque la cantidad de tiempo necesaria para usos personales varía más bien con el individuo que con la clase de trabajo, existe el hecho de que los trabajadores necesitan más tiempo personal cuando el trabajo es pesado y se realiza en condiciones desfavorables, especialmente en atmósferas cálidas y húmedas. En estas condiciones, los estudios mostrarían, posiblemente, que se debieran conceder suplementos de más del 5 por 100 para el tiempo personal.

Suplemento por fatiga.—En las fábricas bien dirigidas de los Estados Unidos se ha hecho tanto para eliminar la fatiga, que ya no

presenta un problema tan grande como antes. En efecto, en algunas clases de trabajo la fatiga tiene tan poca importancia que no es necesario dar ningún suplemento por su causa. Existen muchas razones de esto: se ha acortado la duración de la jornada y de la semana de trabajo, se han perfeccionado la maquinaria, el equipo de manipulación, las herramientas y las plantillas, de forma que el trabajo se hace con más facilidad y el empleado trabaja con una comodidad mayor que anteriormente. También se han reducido los riesgos de accidente, con lo que disminuye el temor de incurrir en un daño físico.

Naturalmente, existen algunas clases de trabajo que todavía incluyen un esfuerzo físico pesado, y se ejecutan en condiciones adversas de calor, humedad, polvo y posibilidades de accidentes y que, por consiguiente, requieren el descanso del operario. La fatiga está provocada por un gran número de causas, algunas de las cuales son mentales, a la par que físicas.

En la actualidad no hay una forma satisfactoria de medir la fatiga. Las medidas fisiológicas prometen la obtención de medios objetivos para determinar el número y duración de los períodos de trabajo y descanso durante la jornada. Sin embargo, en Estados Unidos aún no se cuenta con las investigaciones y ensayos necesarios para aceptar como válido este procedimiento.

Por experiencia sabemos que una persona necesita tiempo para descansar cuando su trabajo es difícil. El problema de determinar la cantidad de tiempo que se ha de asignar para descanso es muy complejo.

El tiempo necesario para el descanso varía con la persona, con la duración del intervalo en el ciclo durante el cual la persona está en actividad, con las condiciones en que se realiza el trabajo y con otros muchos factores. Algunas Compañías, después de una larga experiencia, han llegado a suplementos por fatiga que parecen satisfactorios (véase Fig. 236). Algunas empresas con trabajos físicos pesados, como el apilado de cajas pesadas en los almacenes o en vagones de mercancías, han ensayado diversas combinaciones de períodos de descanso y trabajo, hasta llegar a suplementos adecuados.

Una de las mejores soluciones al problema está en establecer períodos de descanso organizados, durante los cuales no se permite trabajar a ningún empleado en el departamento. Como es lógico, hay que determinar la duración óptima y el número de períodos de descanso. Posiblemente, el plan más común es implantar un período de descanso hacia la mitad de la mañana y otro a la mitad de la tarde. La duración de estos descansos varía de 5 a 15 minutos cada uno (1).

(1) Para un examen más completo de los períodos de descanso, véase el capítulo XXXIV.

Por ciento

30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4

Manipular recipientes de 32 Kg desde plataforma a la altura de la cintura hasta pila a la altura del hombro.

Manejar recipientes, 27 Kg, de plataforma a nivel cintura hasta pila nivel hombro.
Tirar, en condiciones normales, de carretilla de 4 ruedas cargada. (Peso bruto, 1135 Kg; diám. ruedas, 280 mm.)

Poner en pie barril de resina 225 Kg (dos hombres).
Palear sal desde un camión a extremo abierto, a caldera de 1 m de altura. (Peso pala, 2,7 Kg; peso sal, 9,5 Kg.)
Caminar en terreno llano transportando 35 Kg sobre los hombros.
Empujar carretilla cargada. (Peso del material, 170 Kg.)
Empujar carretilla de 4 ruedas, cargada. (Peso, 900 Kg; diám. rueda, 280 mm.)
Manejar recipientes de 30 Kg desde plataforma a la altura de la cintura hasta vagón a la altura rodilla.
Manejar recipientes de 18 Kg desde plataforma a la altura de la cintura hasta pila a la altura del hombro.
Manejar recipientes, 30 Kg, de plataforma a nivel cintura hasta pila a nivel rodilla.
Utilizar pico de 4 Kg. para aflojar sal nueva en vagón ferrocarril.
Pintar techo liso desde escalera de mano utilizando brocha de 10 cm.
Manejar recipientes de 23 Kg, desde deslizadera a la altura de la cintura hasta carretilla.

Tirar de carretilla de 4 ruedas, cargada. (Peso, 680 Kg; diám. rueda, 280 mm.)

Barrer con lampazo mojado suelo de hormigón rugoso.
Barrer con lampazo seco suelo de hormigón rugoso.
Serrar, a través grano, pino amarillo de 51 × 102 mm.
Manejar recipientes, 14 Kg, de deslizadera a nivel de la cintura hasta carretilla.
Tirar de carretilla de 4 ruedas, cargada. (Peso, 450 Kg; diám. rueda, 280 mm.)
Barrer con lampazo mojado suelo de madera en buenas condiciones.
Barrer con lampazo seco suelo de madera en buenas condiciones.
Rascar suciedad de suelo de madera en buenas condiciones. (Mango del rascador, 1,50 m de largo; hoja, 16,5 cm de ancho.)
Caminar en terreno llano transportando 11 Kg.
Barrer suelo de hormigón rugoso.
Manejar recipientes, 9 Kg, de deslizadera a nivel de cintura a carretilla.
Secar y pulir ventana con trapo, trabajando desde el interior.
Darles forma y coser recipientes de fibra.
Barrer suelo de madera en buenas condiciones.
Lavar ventana con trapo mojado o esponja, trabajando desde el interior.
Tirar de carretilla de 4 ruedas, vacía. (Peso, 180 Kg; diám. ruedas, 280 mm.)
Manejar máquina escribir.
Limpiar el polvo de la parte superior de un escritorio o mesa.
Cortar cordeles de paquetes.
Bajar escalones.
Componer etiquetas.
Caminar en terreno llano, sin obstáculos.
Anotar datos.

Telefonear.

Inspección visual y registro de etiquetas impresas.

Suplemento personal para mujeres.
Suplemento personal para hombres.

FIG. 236.—Suplementos personales y por fatiga utilizados por una compañía que tiene, principalmente, operaciones de manipulación y transporte con carretilla. Los suplementos dados incluyen el tiempo personal.

En caso de no haber un plan de primas por rendimiento, algunas compañías pagan el período de descanso a razón de la base horaria regular del empleado. Si existe un plan de esta clase, y se han incorporado suplementos por fatiga en el tiempo tipo, no se les pagan a los empleados los períodos de descanso. El obrero toma sus suplementos por fatiga durante el período de descanso, en lugar de hacerlo a intervalos durante la jornada y en el momento por él mismo escogido.

Se ha de insistir en que no es necesario dar suplementos por fatiga para mucho trabajo ligero de fábrica y que los períodos de descanso organizados durante el día proporcionan descanso suficiente para otro grupo de operaciones. La cantidad de trabajo pesado en las fábricas está decreciendo gradualmente, debido al mayor uso de la maquinaria y equipo mecánico de manipulación. Por consiguiente, para el observador de tiempos disminuye la importancia del problema de los suplementos por fatiga.

Suplemento por esperas.—Las esperas pueden ser evitables o inevitables. Como es natural, en la determinación del tiempo tipo no se considerarán las esperas voluntariamente causadas por el obrero. De cuando en cuando se presentan algunas esperas inevitables causadas por la máquina, el operario o alguna causa externa.

Se supone que la maquinaria y el equipo se conservarán en buen uso. No obstante, cuando hay una avería o cuando es necesario hacer algunas reparaciones, generalmente se retira al operario de su tarea y estas esperas no entran en el tiempo tipo. En tales casos, se le paga generalmente al obrero a razón de su base horaria durante el tiempo de espera. Algunas veces hay ajustes de menor importancia: rotura de herramientas, como taladros y machos de roscar, tiempo perdido debido a variaciones en el material e interrupciones de los inspectores, que se han de incluir en el tiempo tipo. Todas y cada una de las esperas inevitables han de ser objeto de consideraciones cuidadosas, tanto por parte del analista como del encargado y no se evitará ningún esfuerzo razonable para eliminarlas. La clase y cantidad de esperas para un tipo de trabajo dado han de ser determinadas mediante estudios que abarquen la totalidad de la jornada o estudios de muestreo realizados durante un período de tiempo suficiente para obtener datos de confianza.

Aplicación de los suplementos.—El suplemento por necesidades personales se aplica como un porcentaje del tiempo normal y afecta tanto al tiempo de manipulación como al de máquina. Por comodidad, a veces, se aplica el suplemento por fatiga en la misma forma, aunque algunos creen que estos suplementos deberían añadirse únicamente a aquellos elementos durante los cuales trabaja el operario y no al tiempo

durante el cual es la máquina la que trabaja. Las esperas se aplican como porcentaje del tiempo normal o, si se trata en su totalidad de un suplemento por espera de máquina, solo a los elementos de máquina. Si se aplican estos tres suplementos uniformemente a todos los elementos, se podrán sumar y aplicar en conjunto, con lo que solo será necesario realizar un cálculo.

Aunque tradicionalmente se han aplicado los suplementos como un porcentaje del tiempo normal que se le ha de añadir a este para obtener el tiempo tipo, existe una tendencia a considerar los suplementos en forma de minutos concedidos por día de trabajo. Así, en lugar de referirse a los suplementos personales como 5 por 100, se les expresaría como 24 minutos por jornada de 8 horas (480 × 5 % = 24). Si este fuera el único suplemento, el tiempo de trabajo sería 456 minutos al día (480 — 24 = 456).

Si en la operación de montaje a la que se hacía referencia en la página 405 se concediera un suplemento del 5 por 100 por necesidades personales, se agregaría el 5 por 100 al tiempo normal para esta operación de la forma expresada a continuación:

Tiempo tipo = (Tiempo normal) + (Tiempo normal × Suplem. en porc.).
Tiempo tipo = 0,88 + (0,88 × 0,05) = 0,88 + 0,044 = 0,924 minutos.

En resumen:

Tiempo elegido	0,80 minutos.
Factor de valoración	110 %
Suplemento personal	5 %
Tiempo normal	0,80 × 110/100 = 0,88 minutos.
Tiempo tipo	0,88 + (0,88 × 0,05) = 0,924 minutos.

Otra forma de calcularlo es:

Tiempo tipo = 0,88 × 1,05 = 0,924 minutos.

Aunque el método de aplicación del suplemento por necesidades personales que se acaba de explicar es el de uso más común hoy en día, no es totalmente correcto. Si por un suplemento del 5 por 100 se entiende que el obrero dispone, para sus necesidades personales, de 24 minutos en la jornada de 8 horas y si el tiempo para el montaje de un interruptor eléctrico es 0,88 minutos, entonces, durante los 456 minutos de trabajo disponibles (480 — 24 = 456), el operario podría producir 518 piezas (456 : 0,88 = 518). Como la jornada de 8 horas consta de 480 minutos, el tiempo tipo por pieza sería 0,926 minutos (480 : 518 = 0,926). Otra forma de expresarlo es:

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo normal} \times \left[\frac{100}{(100 - \text{suplemento en porcentaje})}\right]$$

$$\text{Tiempo tipo} = 0{,}88 \times \left[\frac{100}{(100 - 5)}\right]$$

Tiempo tipo = 0,88 × 100/95 = 0,926 minutos.

Este método de incluir los suplementos dentro del tiempo tipo no solo es correcto, sino que tiene gran interés dar el tiempo total en minutos por jornada de 8 horas para cada tipo de suplemento. Para el encargado o para el operario, decir que hay 24 minutos al día asignados para tiempo personal significa más que decir sencillamente que se ha añadido un 5 por 100 al tiempo normal del ciclo para necesidades personales.

DETERMINACION DE TIEMPOS TIPO

Estudio de tiempos con cronómetro para la operación de hacer un macho.—El estudio mostrado en la figura 217 es un tipo de estudio de tiempos con cronómetro utilizado muy comúnmente en la actualidad, aunque muchas empresas valoran cada elemento por separado en lugar de valorar el estudio globalmente y también determinan y aplican por cada elemento un factor de suplementos por fatiga y necesidades personales. Las figuras 237 y 238 muestran este estudio.

La operación en cuestión consistía en hacer un macho de arena seca en una caja de madera. El macho tenía la forma de medio cilindro, 190,5 mm de longitud y 30,2 mm de diámetro.

En la columna de la izquierda de la Tabla XVIII (pág. 414) se da una descripción completa de la operación y en la columna de la derecha una descripción abreviada, registrada en la hoja de observaciones. Se dan igualmente los puntos finales utilizados para leer el reloj.

Antes de registrar las lecturas del cronómetro se llenó el reverso de la hoja de observaciones (véase Fig. 238), se hizo un dibujo de la disposición del lugar de trabajo y un esquema del macho en el ángulo inferior derecho de la hoja.

Se utilizó el método de cronometraje continuo y un cronómetro decimal de minuto. El analista valoró la velocidad del operario para cada elemento de la operación mientras hacía el estudio. Al hacer un estudio como el presente, el analista puede registrar a veces un factor de valoración por encima de las lecturas del cronómetro, a medida que el estudio progresa. Entonces, después de acabado el estudio, registrará la valoración para cada elemento del estudio. Estos valores se registran en el anverso de la hoja de observaciones, en la columna encabezada *Valoración del esfuerzo* (Fig. 237). También se registra un factor de valoración para la totalidad del estudio en el espacio previsto en la zona inferior derecha de la hoja de observaciones. Puede utilizarse

ESTUDIO Nº 8765 — **HOJA DE OBSERVACIONES** — HOJA 1 DE 1 HOJAS

ELEMENTOS	VELOCIDAD	AVANCE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TIEMPO MINIMO	TIEMPO MEDIO	TIEMPO ELEGIDO	PRESENCIA POR CICLO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
			RENGLON SUPERIOR: DIFERENCIAS DE TIEMPO										RENGLON INFERIOR: LECTURAS										
1 Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez.			0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,06	0,081	0,081	1	115	0,093
			0,09	0,41	0,71	1,07	0,38	0,67	0,98	0,28	0,57	0,87	0,18	0,46	0,76	4,05	0,32						
2 Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarla con un golpe de paleta			0,06	0,05	0,08	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,059	0,059	1	125	0,074
			15	0,46	0,79	0,13	0,43	0,72	2,04	0,33	0,62	0,93	0,24	0,51	0,81	0,11	0,38						
3 Coger una plancha y colocarla sobre la caja del macho, darle la vuelta, golpear y sacar de la caja.			0,13	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,13	0,12	0,14	0,12	0,13	0,13	0,10	0,126	0,126	1	135	0,170
			0,28	0,59	0,94	0,27	0,56	0,85	0,18	0,46	0,76	3,06	0,36	0,65	0,93	0,24	0,51						
4 Llevar la plancha con el macho por una distancia de 4 pies (1,2 m). Ponerlo en la carretilla del horno.			0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,032	0,032	1	125	0,040
			0,32	0,62	0,98	0,30	0,59	0,88	0,21	0,49	0,79	0,09	0,39	0,68	0,96	0,26	0,54						
(1)			0,07	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09						
			0,61	0,95	0,25	0,53	0,83	0,12	0,41	0,71	7,01	0,28	0,55	0,84	0,16	0,48	0,77						
(2)			0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05						
			0,66	5,00	0,30	0,58	0,89	0,18	0,47	0,77	0,06	0,34	0,61	0,91	0,22	0,53	0,82						
(3)			0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13						
			0,80	0,13	0,42	0,71	6,01	0,31	0,60	0,89	0,17	0,46	0,74	8,04	0,36	0,66	0,95						
(4)			0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03						
			0,85	0,17	0,45	0,75	0,04	0,34	0,63	0,93	0,20	0,48	0,77	0,08	0,39	0,68	0,98						
(1)			0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09						
			9,05	0,34	0,64	0,93	0,21	0,50	0,78	11,07	0,39	0,69	0,99	0,29	0,59	0,89	0,19						
(2)			0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08						
			0,10	0,40	0,69	0,99	0,27	0,57	0,84	0,14	0,47	0,76	12,05	0,35	0,66	0,95	0,27						
(3)			0,14	0,13	0,13	0,11	0,12	0,11	0,11	0,12	0,10	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11						
			0,24	0,53	0,82	10,10	0,39	0,68	0,95	0,26	0,57	0,88	0,17	0,48	0,78	13.07	0,38						
(4)			0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03						
			0,27	0,56	0,85	0,14	0,42	0,71	0,99	0,30	0,61	0,91	0,20	0,51	0,81	0,10	0,41						

ELEMENTOS EXTRAÑOS:

Recuento por elementos

Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
0,06 [tally]	0,05 [tally]	0,10 [tally]	0,02 [tally]
0,07 [tally]	0,06 [tally]	0,11 [tally]	0,03 [tally]
0,08 [tally]	0,07 [tally]	0,12 [tally]	0,04 [tally]
0,09 [tally]	0,08 [tally]	0,13 [tally]	0,05 [tally]
0,10 [tally]		0,14 [tally]	
		0,15 [tally]	

HERRAMIENTAS, PLANTILLAS, CALIBRES, MODELOS, ETC.
Caja de machos Nº C-10-7253. Tamaño 41,8 × 88,9 × 203,2 mm. Peso 454 gr. Paleta de 127 mm.
Planchas 101,6 × 228,6 mm; peso con macho, 1590 gr. Arena de macho Nº A16

VALORACION TOTAL	PRINCIPIO	FINAL	TIEMPO EMPLEADO	UNIDADES TERMINADAS	TIEMPO REAL POR PIEZA
125	9:18	9:32	14:00	45	0,31 minutos

FIG. 237.—Anverso de la hoja de observaciones para la operación: Hacer un macho. Tamaño del impreso, 21,6 × 28 cm.

OPERACION: Hacer un macho Nº 7253

OP. Nº: C-10-A

NOMBRE DE LA PIEZA: Macho Nº 7253 — PIEZA Nº: ——

NOMBRE DE LA MAQUINA: Banco Nº 62 — MAQUINA Nº: ——

NOMBRE Y NUMERO DEL OPERARIO: S. R. Martin — HOMBRE ☑ MUJER ☐

EXPERIENCIA EN LA TAREA: Seis meses — CAPATAZ: M. L. Ray

Nº DE MAQUINAS ATENDIDAS: —— VELOCIDAD DE LA MAQUI. —— DEPART. Nº ——

MATERIAL: Arena seca - Especificación nº A16

ESQUEMA DEL LUGAR DE TRABAJO — ESCALA: 1 cuadrado = 10 cm

Montón de arena
Suministro de planchas
Caja de macho
Paleta
Posición de trabajo del operario
Carretilla del horno
Nota: El operario trabaja de pie

FECHA DEL ESTUDIO	OBSERVADOR	APROBADO
14-1-48	C. A. Clark	J. S. R. 16-1-48

RESUMEN

Nº	ELEMENTOS	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS DE FATIGA Y PERSONALES	OTROS SUPLEMENTOS	SUPLEMENTO TOTAL	TIEMPO TIPO
1.	Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez	0,093	12	–	12	0,104
2.	Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarla con un golpe de paleta	0,074	15	–	15	0,085
3.	Coger una plancha y colocarla sobre la caja del macho, darle la vuelta, golpear y sacar de la caja.	0,170	15	–	15	0,195
4.	Llevar la plancha con el macho por una distancia de 4 pies (1,2 m). Ponerlo en la carretilla del horno.	0,040	12	–	12	0,045
						0,429

TIEMPO TIPO TOTAL POR CICLO: 0,429

Nº DE PIEZAS POR CICLO: 1 — TIEMPO TIPO POR PIEZA: Use 0,43

DIBUJO DE LA PIEZA

Macho

19 cm
3 cm
Medio cilindro 3 × 19 cm
Peso del macho antes de introducirlo en el horno = 125 gr.

FIG. 238.—Reverso de la hoja de observaciones para la operación: Hacer un macho.

TABLA XVIII.—ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE HACER UN MACHO

Descripción detallada de la operación	Descripción condensada de la operación tal como se registró en la hoja de observaciones. (Se dan igualmente los puntos extremos utilizados para leer el reloj.)
1. Andar 1,22 m desde la carretilla de machos del horno al banco, coger la caja de machos con ambas manos, empujar la arena suelta en el borde frontal del banco hacia atrás contra el montón, utilizando el borde de la caja de machos. Sostener la caja de machos con la mano izquierda y llenarla con tres puñados de arena, prensándola hacia abajo cada vez.	1. Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez. *Fin del elemento,* cuando la mano derecha comienza a coger la paleta.
2. Coger la paleta con la mano derecha, presionar la arena con un golpe de paleta dado encima de la caja, quitar el exceso de arena con el borde de la paleta. Dejar la paleta sobre el banco a la derecha de la caja de machos.	2. Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarla con un golpe de paleta. *Fin del elemento,* cuando se deja caer la paleta sobre la mesa (cuando golpea el banco).
3. Coger la plancha y llevarla, desde la pila sobre el banco, a 0,90 m a la izquierda de la caja de machos, darle la vuelta y colocarla encima de la caja de machos. Dar la vuelta a la plancha y a la caja de machos. Coger la paleta con la mano derecha y golpear dos veces la caja de machos con el mango de aquella; dejar la paleta sobre el banco a la derecha de la caja de machos. Utilizando ambas manos, levantar la caja de machos con cuidado, separándola de la plancha de manera que el macho quede sobre la plancha. Colocar la caja de machos sobre el banco, a la derecha de la plancha.	3. Coger una plancha y colocarla sobre la caja del macho, darle la vuelta, golpear y sacar la caja. *Fin del elemento,* cuando se coloca la caja de machos en la mesa (cuando toca el banco).
4. Andar 1,22 m hacia la izquierda llevando la plancha y el macho y colocarlos en la bandeja de la carretilla de machos del horno.	4. Llevar la plancha con el macho por una distancia de 1,22 m. Ponerlo en la carretilla del horno. *Fin del elemento,* cuando se coloca (toca) la plancha en la bandeja de la carretilla de machos del horno.

junto con el tiempo transcurrido y el número de piezas acabadas para comprobar el tiempo tipo, una vez que se ha determinado definitivamente.

El tiempo elegido para cada elemento se determina haciendo un recuento de los datos, como se muestra en la parte inferior de la hoja

ESTUDIO Nº 8765 — HOJA DE OBSERVACIONES

ELEMENTOS	RENGLON SUPERIOR: DIFERENCIAS DE TIEMPO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RENGLON INFERIOR: LECTURAS 15
1 Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez.	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06

															TIEMPO MINIMO	TIEMPO MEDIO	TIEMPO ELEGIDO	PRESENCIA POR CICLO	VALORACI DEL ESFUERZO	TIEMPO NORMAL
0,07	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,06	0,081	0,081	1	115	0,093

FIG. 239.—Parte de la hoja de observaciones para la operación "Hacer un macho". Se muestra el tiempo mínimo, el medio y el elegido, el factor de valoración y el tiempo normal de un elemento. (Véase Fig. 237 para el estudio completo.)

de observaciones. Si no hay espacio en la hoja, se hace el recuento en una hoja de papel aparte, que se cose a la hoja de observaciones. El recuento muestra que, para el elemento 1, el tiempo mínimo es 0,06 minutos, 0,08 minutos es el valor que se repite con mayor frecuencia y 0,081 es la media. De igual forma, se determinan los valores de los otros tres elementos del estudio. El número de veces que se repite el elemento en el estudio se registra en la columna encabezada *Frecuencia por ciclo.*

A continuación, se calculan los tiempos normales como se indica:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo elegido} \times \frac{\text{Valoración en porcentaje}}{100}$$

Para el elemento 1, el tiempo normal (véase Fig. 239) se determina de la siguiente forma:

Tiempo elegido, 0,081 minutos.
Factor de valoración, 115 %.
Tiempo normal, 0,081 × 115/100 = 0,093 minutos.

Resumen del estudio de tiempos.—Una vez calculados los valores de tiempo normal para cada elemento, se hace un resumen en el reverso de la hoja de observaciones, en el espacio previsto para este fin. Se

determina un suplemento por fatiga y necesidades personales para cada elemento y se registra en la columna apropiada. A los elementos 1 y 4 se les asigna un 12 por 100 y a los elementos 2 y 3, un 15 por 100. Estos suplementos se obtienen de una tabla análoga a la representada en la figura 236. No se conceden otros suplementos.

RESUMEN					
Nº ELEMENTOS	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS DE FATIGA Y PERSONALES	OTROS SUPLEMENTOS	SUPLEMENTO TOTAL	TIEMPO TIPO
1 Llenar la caja del macho con tres puñados de arena. Prensar la arena cada vez.	0,093	12	—	12	0,104
2 Prensar la arena con un golpe de paleta. Nivelarla con un golpe de paleta.	0,074	15	—	15	0,085
3 Coger una plancha y colocarla sobre la caja del macho, darle la vuelta, golpear y sacar de la caja.	0,170	15	—	15	0,195
4 Llevar la plancha con el macho por una distancia de 4 pies (1,2 m). Ponerlo en la carretilla del horno.	0,040	12	—	12	0,045
					0,429

FIG. 240.—Parte de la hoja de observaciones para la operación "Hacer un macho". Muestra el tiempo normal, los suplementos y el tiempo tipo de cada elemento. (Véase Fig. 237 para el estudio completo.)

Se determina el tiempo tipo para cada elemento de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo normal} \times \frac{100}{100 - \text{suplemento en } \%}$$

Para el elemento 1, esto es:

$$\text{Tiempo tipo} = 0{,}093 \times \frac{100}{100 - 12} = 0{,}093 \times \frac{100}{88} = 0{,}106 \text{ minutos}$$

De igual forma se determina el tiempo tipo para cada uno de los cuatro elementos (véase Fig. 240). Luego se suman estas cantidades para obtener el tiempo tipo para el ciclo. Como se produce una pieza por cada ciclo, el tiempo tipo por pieza es el mismo que el tiempo tipo por ciclo.

Un ayudante suministra la arena para machos y las planchas, así como las carretillas de horno para machos al operario que hace estas piezas, por lo que no se incluye ningún tiempo para tales menesteres en el tiempo tipo. Si estos trabajos hubieran formado parte de la tarea de dicho operario, se habrían cronometrado e incluido como elementos adicionales en la operación.

HOJA DE OBSERVACIONES

DEPARTAMENTO Sala de zapatos FECHA 5-8-47 OBSERVADOR R.J. Parson

ENCARGADO W.M. Wilson OPERARIO Betty Walker

OPERACION Montar y pegar tacones en suelas de botas

Nº ELEMENTOS	UNIDADES POR ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TIEMPO TOTAL	Nº DE OBSERVACIONES	TIEMPO MEDIO	LECTURA MAS FRECUENTE	TIEMPO MINIMO	TIEMPO REPRESENTATIVO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
1. Coger un suministro de tacones	20 P.	0,06	0,07	0,14	0,07	0,08	0,08	0,06	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	1,49	18	0,083	0,08	0,06	0,083	100	0,083
		0,10	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08														
2. Coger un suministro de suelas	20 P.	0,12	0,13	0,10	0,18	0,13	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,13	0,13	1,99	15	0.133	0,13	0,10	0,133	100	0,133
		0,17	0,13	0,12																	
3. Coger, soltar y distribuir las suelas en 15 montones	7½ P.	0,41	0,43	0,42	0,37	0,44	0,43	0,42	0,43	0,45	0,44	0,48	0,43	6,02	14	0,430	0,43	0,37	0,430	110	0,473
		0,43	0,44																		
4. Seleccionar, coger y marcar el tacón en la suela	½ P.	0,04	0,05	0,05	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05								
		0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08	0,05	0,04	0,05								
		0,07	0,09	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	2,15	39	0,056	0,05	0,04	0,056	100	0,056
		0,07	0,05	0,06																	
5. Coger la brocha de la cola, encolar y dejar a un lado la brocha	7½ P.	0,24	0,26	0,23	0,23	0,18	0,22	0,19	0,23	0,22	0,26	0,23	0,23	4,62	20	0,231	0,23	0,18	0,231	95	0,219
		0,24	0,23	0,27	0,24	0,23	0,23	0,24	0,22												
6. Apilar el trabajo terminado	30	0,26	0,24	0,19	0,24	0,25	0,23	0,18	0,25	0,24	0,19	0,26	0,30	3,88	16	0,242	0,24	0,18	0,242	100	0,242
		0,24	0,31	0,26	0,24																
7. Marcar el tamaño en la pila	30	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,08	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06	1,02	23	0,044	0,04	0,02	0,044	100	0,044
		0,04	0,07	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,08	0,06	0,03									
8. Poner a un lado el trabajo terminado	30	0,08	0,07	0,08	0,10	0,09	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	1,33	16	0,083	0,08	0,06	0,083	100	0,083
		0,12	0,08	0,09	0,08																
9. Coger un suministro de cola	2000	1,14	1,20	1,27	1,16	1,23								6,00	5	1,20		1,14	1,20	100	1,200
10. Vaciar y limpiar el platillo de la cola	2000	1,23	1,02	1,18	1,29									4,72	4	1,18		1,02	1,18	100	1,180
11. Limpiar el lugar de trabajo y tapar el trabajo	2000	1,90	1,95	2,11	1,83									7.79	4	1,948		1,83	1,948	100	1,948
12. Registrar la producción	120	(De datos normales)																			0,070

ELEMENTOS POCO FRECUENTES	OCURRENCIA	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL

OBSERVACIONES
FIN 10:24
PRINCIPIO 11:06
TIEMPO TRANSCURRIDO
Nº DE UNIDADES
UNIDADES POR HORA

FIG. 241.—Estudio de tiempos de una operación de montaje y encolado, hecha con cronómetro por el método repetitivo. Anverso de la hoja de observaciones. Tamaño del impreso, 21,6 × 28 cm.

HOJA DE OBSERVACIONES

DEPARTAMENTO Sala de zapatos **FECHA** 5-8-47 **OBSERVADOR** R.J.Parson

ENCARGADO W.M.Wilson **OPERARIO** Betty Walker

OPERACION Montar y pegar tacones en suelas de botas

Nº ELEMENTOS	UNIDADES POR ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TIEMPO TOTAL	Nº DE OBSERVACIONES	TIEMPO MEDIO	LECTURA MAS FRECUENTE	TIEMPO MINIMO	TIEMPO REPRESENTATIVO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
1. Coger un suministro de tacones	20 P.	0,06	0,07	0,14	0,07	0,08	0,08	0,06	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	1,49	18	0,083	0,08	0,06	0,083	100	0,083
		0,10	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08														
2. Coger un suministro de suelas	20 P.	0,12	0,13	0,10	0,18	0,13	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,13	0,13	1,99	15	0,133	0,13	0,10	0,133	100	0,133
		0,17	0,13	0,12																	
3. Coger, soltar y distribuir las suelas en 15 montones	7½ P.	0,41	0,43	0,42	0,37	0,44	0,43	0,42	0,43	0,45	0,44	0,48	0,43	6,02	14	0,430	0,43	0,37	0,430	110	0,473
		0,43	0,44																		
4. Seleccionar, coger y marcar el tacón en la suela	½ P.	0,04	0,05	0,05	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05								
		0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08	0,05	0,04	0,05								
		0,07	0,09	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	2,15	39	0,056	0,05	0,04	0,056	100	0,056
		0,07	0,05	0,06																	
5. Coger la brocha de la cola, encolar y dejar a un lado la brocha	7½ P.	0,24	0,26	0,23	0,23	0,18	0,22	0,19	0,23	0,22	0,26	0,23	0,23	4,62	20	0,231	0,23	0,18	0,231	95	0,219
		0,24	0,23	0,27	0,24	0,23	0,23	0,24	0,22												
6. Apilar el trabajo terminado	30	0,26	0,24	0,19	0,24	0,25	0,23	0,18	0,25	0,24	0,19	0,26	0,30	3,88	16	0,242	0,24	0,18	0,242	100	0,242
		0,24	0,31	0,26	0,24																
7. Marcar el tamaño en la pila	30	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,08	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06	1,02	23	0,044	0,04	0,02	0,044	100	0,044
		0,04	0,07	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,08	0,06	0,03									
8. Poner a un lado el trabajo terminado	30	0,08	0,07	0,08	0,10	0,09	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	1,33	16	0,083	0,08	0,06	0,083	100	0,083
		0,12	0,08	0,09	0,08																
9. Coger un suministro de cola	2000	1,14	1,20	1,27	1,16	1,23								6,00	5	1,20		1,14	1,20	100	1,200
10. Vaciar y limpiar el platillo de la cola	2000	1,23	1,02	1,18	1,29									4,72	4	1,18		1,02	1,18	100	1,180
11. Limpiar el lugar de trabajo y tapar el trabajo	2000	1,90	1,95	2,11	1,83									7,79	4	1,948		1,83	1,948	100	1,948
12. Registrar la producción	120	(De datos normales)																			0,070

ELEMENTOS POCO FRECUENTES	OCURRENCIA	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL

OBSERVACIONES
FIN 10:24
PRINCIPIO 11:06
TIEMPO TRANSCURRIDO
Nº DE UNIDADES
UNIDADES POR HORA

FIG. 241.—Estudio de tiempos de una operación de montaje y encolado, hecha con cronómetro por el método repetitivo. Anverso de la hoja de observaciones. Tamaño del impreso, 21,6 × 28 cm.

EQUIPO UTILIZADO	DIBUJO DE LA PIEZA
Banco de trabajo	Suela
Platillo con cola y brocha	Tacón

DISPOSICION DEL TRABAJO TERMINADO: A la carretilla con bandejas (T431)

MATERIALES Y SUMINISTROS

DESCRIPCION	PARES POR UNIDAD	FUENTE	SUMINISTRADO POR	FORMA DEL SUMINISTRO
Cola # CT 1031		Tanque	Operario	

ESQUEMA DEL LUGAR DE TRABAJO ESCALA: ½" = 1'

5'
Platillo con cola
Brocha
Suministro de suelas
Suministro de tacones
Pila de trabajo terminado
Suministro de suelas (Cada tamaño apilados por separado en las bandejas)
Suministro de tacones (Cada tamaño en secciones separadas de la caja)
Carretilla con estantes para el trabajo terminado
Operario

FIG. 242.—Operación de montaje y encolado. Reverso de la hoja de observaciones.

HOJA DE CALCULOS

OPERACION: Montar y pegar tacones en las suelas

DEPARTAMENTO: Sala de zapatos FECHA 5-8-47

N°	ELEMENTOS	TIEMPO NORMAL POR ELEMENTO	UNIDADES POR ELEMENTO (Pares)	PRESENCIA DEL ELEMENTO POR 100 PARES	TIEMPO NORMAL POR 100 PARES
1	Coger un suministro de tacones	0,083	20	5	0,415
2	Coger un suministro de suelas	0,133	20	5	0,665
3	Coger, soltar y distribuir las suelas en 15 montones	0.473	7½	13⅓	6,292
4	Seleccionar, coger y marcar el tacón en la suela	0,056	½	200	11,200
5	Coger la brocha de la cola, encolar y dejar a un lado la brocha	0,219	7½	13⅓	2,919
6	Apilar el trabajo terminado	0,242	30	3⅓	0,807
7	Marcar el tamaño en la pila	0,044	30	3⅓	0,147
8	Poner a un lado el trabajo terminado	0,083	30	3⅓	0,276
9	Coger un suministro de cola	1,200	2000	0,05	0,060
10	Vaciar y limpiar el platillo de la cola	1,180	2000	0,05	0,059
11	Limpiar el lugar de trabajo y tapar el trabajo	1,948	2000	0.05	0,098
12	Registrar la producción	0,07	120	0,83	0,058

(A) TIEMPO NORMAL TOTAL EN MINUTOS	22,996
(B) SUPLEMENTOS EN MINUTOS (10%)	2,299
(C) TIEMPO TIPO TOTAL POR 100 PARES (A+B=C)	25,3
(D) PRODUCCION HORARIA DEL DIA	237 Pares

FIG. 243.—Hoja de cálculos para la operación de montaje y pegado.

Estudio de tiempos con cronómetro de una operación de montaje y pegado.—Las figuras 241 y 242 muestran la hoja de observaciones para una operación de montaje y pegado en una fábrica de calzado de goma. La figura 243 representa la *Hoja de cálculos* y la figura 244 la *Hoja de tasación de trabajo por pieza*, que es la autorización para implantar la tasación por piezas. Los impresos mencionados forman parte del manual de estudio de tiempos del apéndice *A*.

HOJA DE TASACION DE TRABAJO POR PIEZA

DEPARTAMENTO: Sala de zapatos — FECHA
OPERACION: Montar y pegar tacones a las suelas
TIPO DE ZAPATO: Botas corrientes de señora, señorita, niño
Botas especiales de señora, señorita, niño
NUMERO DE LA TAREA 16-16 TRABAJO A JORNAL
16-15 TRABAJO POR PIEZAS

JORNAL	OPERACION	PRODUCCION HORARIA DEL DIA	TARIFA DEL TRABAJO POR PIEZAS PARA 100 PARES
1,75	Montar y pegar tacones a las suelas	237 Pares	0,75 $

APROBADO J. S. Fuller INSPECTOR
APROBADO Earl Stone JEFE DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

FIG. 244.—Hoja de tasación de trabajo por pieza para la operación de montaje y pegado.

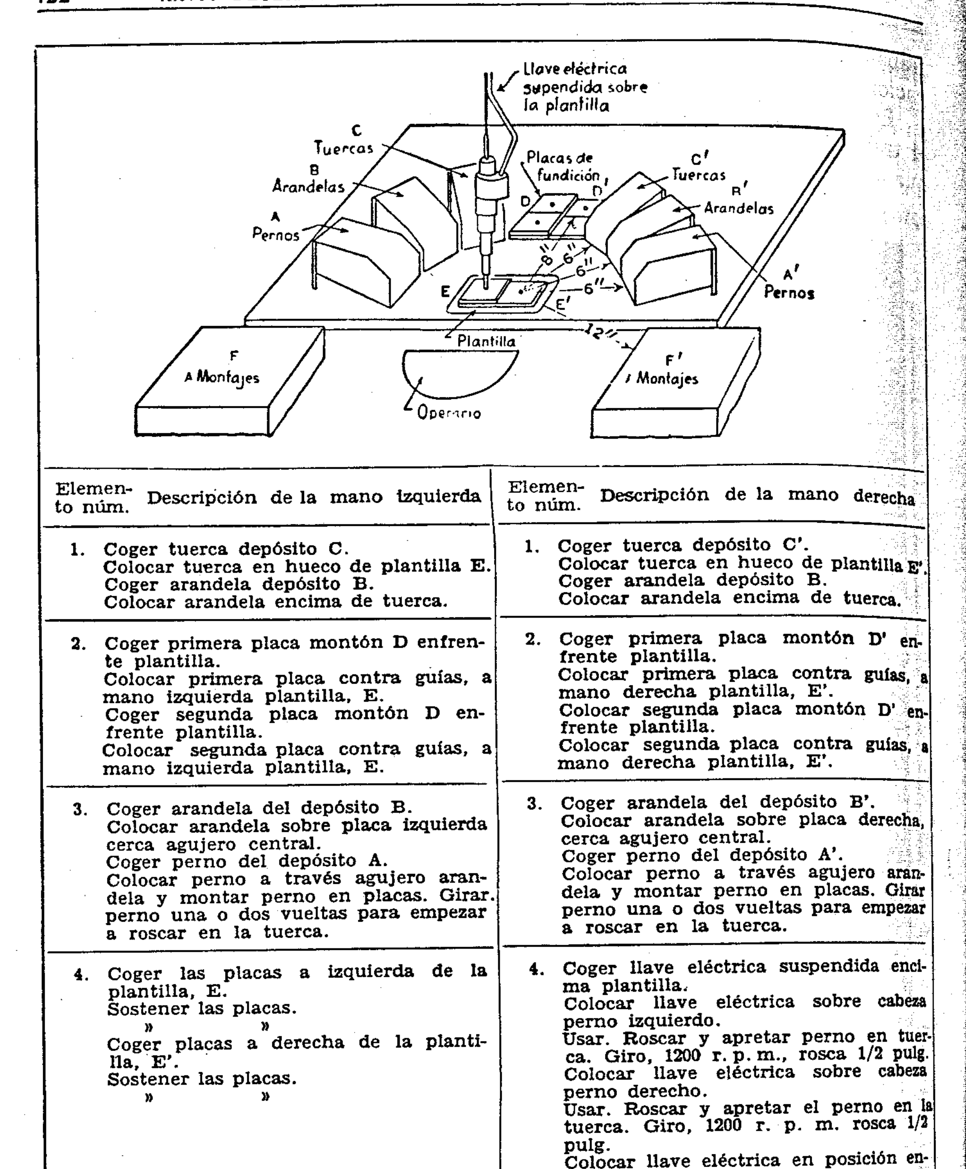
Descripción del trabajo de la mano izquierda y de la derecha.—Se crean muchos problemas de estudio de tiempos porque el método utilizado en la ejecución de la operación no ha sido registrado en la hoja de observaciones con suficiente detalle. Un modo de ayudar a resolver este problema es hacer una descripción del trabajo de la mano izquierda y de la derecha para cada elemento de la operación. Puede tomar la forma de un registro de los movimientos de cada mano (véanse Figs. 84 y 100), o puede consistir en un registro de coger, colocar, utilizar, sostener, soltar y esperar para cada mano. La figura 246 contiene esta clase de descripción, correspondiente a los elementos del montaje de placas de hierro (véase también la Fig. 245). Esta descripción del trabajo de la mano izquierda y de la derecha se cose a la hoja de observaciones y se hace el estudio de tiempos en la forma usual.

Es indudable que el empleo de la descripción de la operación con el trabajo de la mano derecha y de la izquierda será mayor a medida que se instruya a los analistas en el estudio de micromovimientos y en la utilización de los tiempos predeterminados. Dicha descripción, más completa, de la operación permitirá realizar mejor los estudios de tiempos.



FIG. 245.—Disposición del lugar de trabajo para el montaje de placas de hierro. Hay una llave eléctrica suspendida sobre la plantilla.

Estudios de producción.—Aunque se haya hecho el estudio de movimientos y tiempos con cuidado y se dé al operario la hoja de instrucciones para la operación, a veces se queja éste, diciendo que no es capaz



Elemento núm.	Descripción de la mano izquierda	Elemento núm.	Descripción de la mano derecha
1.	Coger tuerca depósito C. Colocar tuerca en hueco de plantilla E. Coger arandela depósito B. Colocar arandela encima de tuerca.	1.	Coger tuerca depósito C'. Colocar tuerca en hueco de plantilla E'. Coger arandela depósito B. Colocar arandela encima de tuerca.
2.	Coger primera placa montón D enfrente plantilla. Colocar primera placa contra guías, a mano izquierda plantilla, E. Coger segunda placa montón D enfrente plantilla. Colocar segunda placa contra guías, a mano izquierda plantilla, E.	2.	Coger primera placa montón D' enfrente plantilla. Colocar primera placa contra guías, a mano derecha plantilla, E'. Colocar segunda placa montón D' enfrente plantilla. Colocar segunda placa contra guías, a mano derecha plantilla, E'.
3.	Coger arandela del depósito B. Colocar arandela sobre placa izquierda cerca agujero central. Coger perno del depósito A. Colocar perno a través agujero arandela y montar perno en placas. Girar perno una o dos vueltas para empezar a roscar en la tuerca.	3.	Coger arandela del depósito B'. Colocar arandela sobre placa derecha, cerca agujero central. Coger perno del depósito A'. Colocar perno a través agujero arandela y montar perno en placas. Girar perno una o dos vueltas para empezar a roscar en la tuerca.
4.	Coger las placas a izquierda de la plantilla, E. Sostener las placas. » » Coger placas a derecha de la plantilla, E'. Sostener las placas. » »	4.	Coger llave eléctrica suspendida encima plantilla. Colocar llave eléctrica sobre cabeza perno izquierdo. Usar. Roscar y apretar perno en tuerca. Giro, 1200 r. p. m., rosca 1/2 pulg. Colocar llave eléctrica sobre cabeza perno derecho. Usar. Roscar y apretar el perno en la tuerca. Giro, 1200 r. p. m. rosca 1/2 pulg. Colocar llave eléctrica en posición encima plantilla.
5.	Coger montaje terminado a izquierda, E. Depositar montaje en caja a la izquierda, F.	5.	Coger montaje terminado a derecha E'. Depositar montaje en caja a la derecha, F'.

FIG. 246.—Descripción del trabajo de las manos derecha e izquierda para el montaje de placas de fundición.

de ejecutar la tarea en el tiempo marcado en la hoja de instrucciones. Si después de una comprobación preliminar se ve que la imposibilidad de realizar la tarea en el tiempo fijado no es culpa del operario, habrá que proceder a un estudio nuevo para comprobar el original.

Este nuevo estudio, llamado a veces *estudio de producción*, cubre un período de tiempo más largo que el estudio original; incluso, de un día o dos de duración. La figura 247 muestra el resumen de un estudio de producción.

La incapacidad del operario para ejecutar la tarea en el tiempo especificado puede ser debida a cualquiera de las causas siguientes o a una combinación de las mismas: condiciones del material, herramientas o equipo, que son diferentes de las existentes en el momento en que se hizo el estudio; cambio en el método, disposición del lugar de trabajo o condiciones del mismo; el operario no tiene suficiente práctica de la operación o no se adapta al trabajo; por errores del mismo estudio de tiempos. Debe hacerse el estudio de producción con un detalle tal que permita la comprobación de los tiempos elementales.

Aunque se debe desplegar toda clase de esfuerzo para impedir los errores en la fijación del tiempo tipo original, es esencial que la Dirección esté siempre dispuesta a rectificar los errores o a demostrar que el tiempo tipo es el correcto. Los obreros han de tener confianza en los tiempos tipo y en los hombres que los fijan.

Estudios por muestreo de trabajo.—El muestreo de trabajo se está empleando cada vez más para complementar o sustituir el estudio de producción. Como se explicará con todo detalle en el capítulo XXXIII, el muestreo de trabajo es, con mucha frecuencia, un método mejor y más económico para obtener el conocimiento de los hechos que los estudios de tiempo realizados durante todo el día.

Registro y archivo.—Cuando se ha de hacer un estudio de tiempos de una serie de operaciones similares, es conveniente definir con cuidado cada uno de los elementos, a fin de que se puedan determinar finalmente los datos de los tiempos tipo para cada elemento. Por ejemplo, se definen los elementos de la operación *soldar la costura lateral de una caja rectangular* (véase pág. 462), y, sea cualquiera la persona que haga el estudio de tiempos del trabajo de soldadura, se respetará esa división uniforme de la operación en sus elementos. Se prepara un impreso patrón y sobre esta hoja se registran los datos esenciales de cada estudio de tiempos de la soldadura de costuras laterales. Una vez acumulados datos suficientes, se utilizarán en el establecimiento de fórmulas para la determinación sintética de los tiempos en las operaciones de soldadura, como se muestra en el capítulo XXIX.

Se deben archivar los estudios de tiempos junto con otros datos e

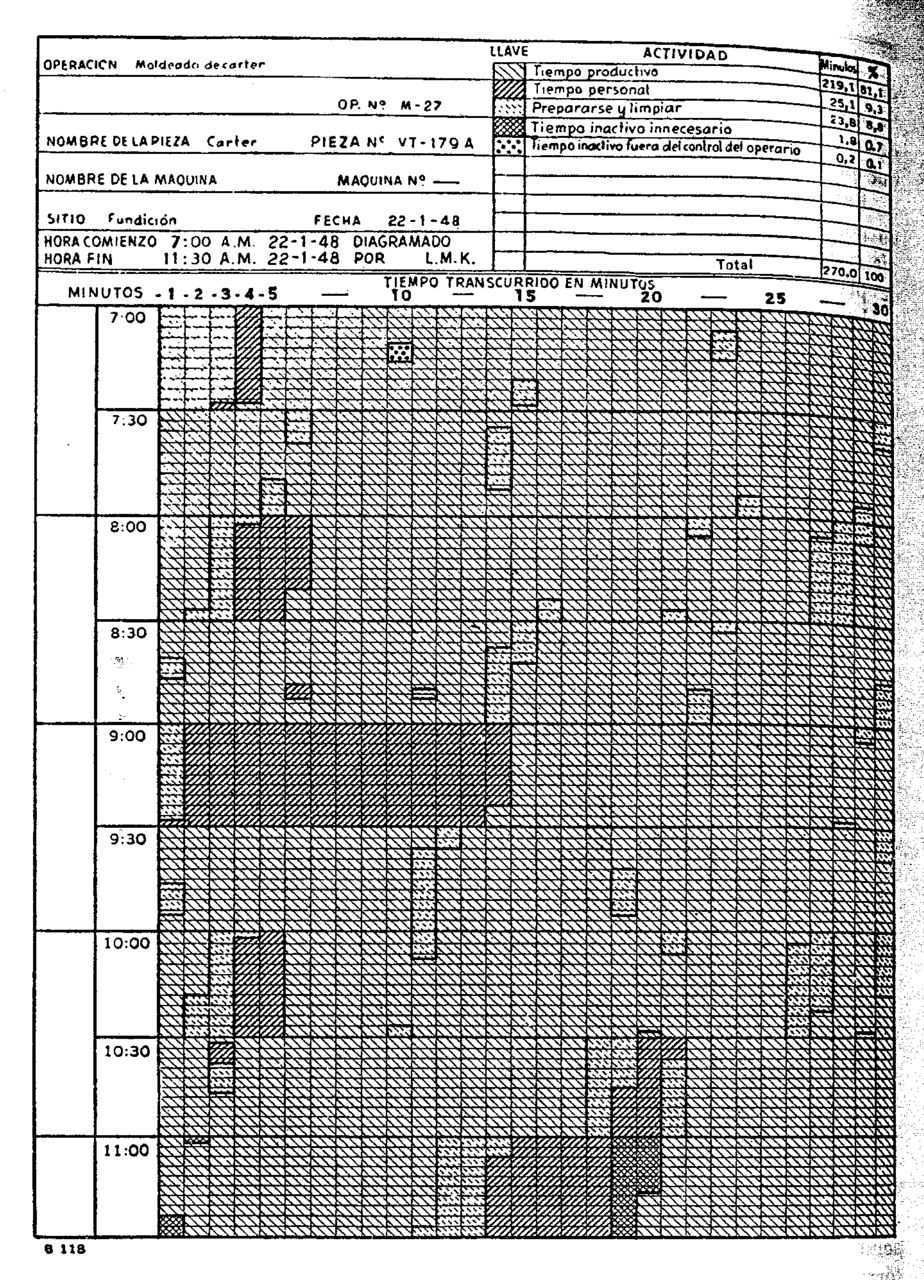


Fig. 247.—Resumen del estudio de producción de una operación de fundición que cubre un período de cuatro horas y media. Tamaño de la hoja, 21,6 × 28 cm.

información relativa a la operación, de forma que se localicen rápidamente cuando se necesiten. A veces merece la pena disponer de índice doble.

Tiempo tipo garantizado.—Se debe garantizar el tiempo tipo contra los cambios, a no ser que haya una variación en el método, materiales, equipo, disposición o condiciones de trabajo, o cuando haya habido un error en el cálculo de la norma.

Cuando se fija un tiempo tipo para una tarea se entiende que el operario ha de ejecutar la operación exactamente como viene especificada en la *hoja de instrucciones normalizadas* o en la hoja de adiestramiento. Si no se ejecuta la operación de esta forma, el tiempo tipo no tiene valor alguno. No obstante, mientras el operario realice la tarea en la forma prescrita, la Compañía garantiza que no se variará el tiempo tipo. La Compañía debe aferrarse a esta política tan completamente que cada operario se sienta libre para trabajar a la marcha que él escoja, sin temor de que se le reduzca el tiempo tipo de la tarea si *gana mucho* en un sistema de primas por rendimiento.

Cambio de métodos.—Cuando haya un cambio en el método, los materiales, herramientas u otros factores que afectan al tiempo de la operación, se debe proceder a estudiar de nuevo la tarea y a establecer un tiempo tipo nuevo. Si el operario sugiere un cambio que reduce el tiempo de la operación, mejora la calidad o hace más segura la tarea, se le debe recompensar inmediatamente por su sugerencia. Si la Compañía tiene establecido un sistema de sugerencias, la recompensa debe llegarle al obrero por los conductos reglamentarios. Cuando se ha establecido la norma nueva para la tarea perfeccionada, debe encontrar el operario que es tan fácil como antes ganar su premio o bonificación. No se debe emplear un cambio en el método como excusa para reducir el tiempo tipo. Si la Dirección espera obtener y conservar la cooperación de sus empleados, habrá de asegurarse de que estos ganan y no pierden como resultado de sus sugerencias.

Revisión de métodos, tiempos tipo y planes de primas por rendimiento.—La revisión es un procedimiento para determinar hasta qué punto se cumplen las normas técnicas y de dirección. Ordinariamente, el correspondiente informe consiste en una exposición de las variaciones con respecto a las instrucciones normalizadas, una evaluación de ellas y recomendaciones en cuanto a cambios y correcciones. El estudio de un plan de medida del trabajo y de primas por rendimiento debe comprender revisiones periódicas, ya que un programa de este tipo se basa en políticas y procedimientos, cuidadosamente establecidos, que han de seguirse con meticulosidad si no se quiere que resulte injusta

la aplicación del plan, para la Dirección o para sus empleados, según la naturaleza del error. En la mayoría de los casos, el error favorece a los empleados y, por tanto, dichas revisiones favorecen a la Dirección. Si no se mantiene rigurosamente el sistema de primas por rendimiento, las ganancias de algunos pueden llegar a ser demasiado altas, en comparación con los ingresos de los demás, lo cual constituye una desigualdad tan indeseable para la Dirección como para los empleados. La

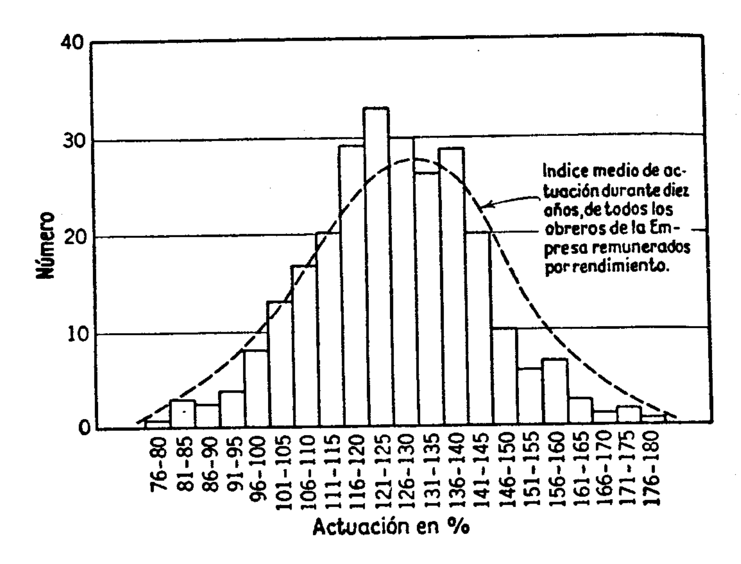


FIG. 248.—Distribución del índice de actuación de 237 obreros remunerados de acuerdo con un sistema de primas por rendimiento, en el Departamento 24, durante un período de tres meses que finalizó el 31 de marzo. Sobre el histograma se ha superpuesto la curva de distribución del índice de actuación de todos los trabajadores de la empresa remunerados por rendimiento, durante un período de diez años

Dirección necesita tener la seguridad de que, año tras año, se mantendrán las normas y los empleados remunerados por rendimiento desean la garantía de que el plan de primas continuará aplicándose sobre bases justas y seguras. Un buen programa de revisiones puede contribuir mucho a conseguir estos fines.

Una empresa muy conocida ha llevado a cabo tan perfectamente su programa de medida del trabajo y de remuneración con primas por rendimiento, que el índice medio de actuación de unos 9.000 empleados pagados por este sistema no ha variado en más del 3 por 100 durante los últimos veinticinco años. El índice medio de actuación del conjunto de estos empleados es el 132 por 100. Hace unos veinticinco

años puso en práctica esta empresa el plan de verificar cada tres meses el índice medio de actuación, por operarios, por departamentos, por servicios y para el conjunto de la empresa. En relación con este análisis, se trazó una curva de distribución (Fig. 248) relativa al índice de actuación de los trabajadores remunerados de acuerdo con el plan de primas por rendimiento, por departamentos y, superpuesto a ella, el índice medio de actuación de todos los empleados de la empresa remunerados por el mismo sistema durante los diez años últimos. Esta sociedad concede gran importancia a las revisiones y, para realizarlas, utiliza a los ingenieros de organización más experimentados y competentes.

En la Procter and Gamble Company se emplea el programa siguiente de revisión de métodos, tiempos tipo y primas por rendimiento (1):

Horas por año	Frecuencia de las revisiones
0 - 10	3 años
10 - 50	2 años
50 - 600	1 año
Más de 600	Dos veces al año

Esto quiere decir que si una operación no se realiza al año durante más de diez horas en total, se revisará por lo menos una vez cada tres años, mientras que una operación en la que se emplean más de seiscientas horas al año se revisará por lo menos dos veces al año. La Procter and Gamble sigue estrictamente este programa, por considerar más importante mantener las normas actuales que aplicar normas a nuevas operaciones.

El estudio de tiempos como actividad asesora.—El departamento de estudio de tiempos es un departamento asesor, es decir, no pertenece a la línea ejecutiva (véase Fig. 249). Es importante que todo ingeniero de organización se fije esto en la memoria. Como un departamento asesor ha de trabajar a través de los grupos de capataces y jefes de departamento, es importante que el personal de la línea ejecutiva conozca los principios, técnicas y métodos del departamento de estudio de tiempos. Los capataces han de estar tan al corriente del estudio de tiempos que puedan explicar al operario cómo se hace un estudio de este tipo, qué elementos se incluyen y, exactamente, cómo se determina el tiempo tipo para una operación, sin verse obligados a pedir ayuda al departamento de estudio de tiempos. Claro está que habrá veces que necesitarán dicha ayuda y, en otras ocasiones, convendrá

(1) RICHARD A. FORBERG: "Effective Control of the Industrial Engineering Function", *Proceedings Twelfth Management Engineering Conference*, pág. 214, SAM-ASME, Nueva York, abril 1957.

que el observador de tiempos complete los informes dados por el capataz al operario.

En algunas ocasiones servirá de ayuda establecer un paralelo entre dos actividades no relacionadas, a fin de poner en claro la situación. Guy J. Bates, de la General Motors, utilizó esta analogía: Cuando el número de artículos rechazados en un departamento de fabricación aumenta súbitamente y el operario de la máquina manifiesta que la causa se debe al calibre de inspección que se ha desajustado, por lo general, el capataz examinará el calibre para ver si hay algún de-

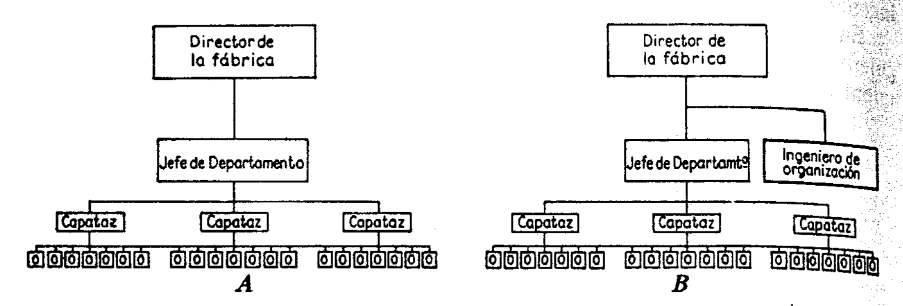


FIG. 249.—Organigramas: *A*, organización ejecutiva típica; *B*, organización ejecutiva y asesora, mostrando un departamento asesor típico.

fecto que se pueda observar a simple vista y calibrará algunas piezas para asegurarse de que el operario está utilizando el calibre debidamente. Si no encuentra ninguna causa para la dificultad, llamará al jefe del departamento de inspección para que compruebe el calibre. El capataz puede estar presente mientras se verifica el calibre, pero esperará del inspector jefe que haga las medidas necesarias para determinar si el número excesivo de piezas rechazadas se debe al mal estado del calibre. Igual ocurre con el trabajo del estudio de tiempos: de igual forma que el inspector y el departamento de herramientas construyen, sirven y comprueban todos los calibres y los dispositivos de inspección, el departamento de estudio de tiempos fija y mantiene todos los tiempos tipo. Si un operario se queja de que el tiempo tipo es demasiado bajo y no puede ganar una prima, se espera que el capataz compruebe la operación con la hoja de instrucciones para ver si se está ejecutando de acuerdo con el método prescrito. Esto comprende la comprobación de los materiales, velocidades y avances de la máquina, así como otras condiciones del trabajo. Si una vez comprobadas no es capaz de encontrar una causa del aparente error en el tiempo tipo, pedirá que se le envíe un observador de tiempos para que haga la comprobación. El capataz puede estar o no presente mientras el observador de tiempos procede al estudio de comprobación, pero

sí que ha de seguir en detalle el procedimiento comprobatorio y conocer las causas de la dificultad y medios finalmente utilizados para corregir la situación.

Como en todas las funciones asesoras de la fábrica, hace falta un equilibrio cuidadoso entre los deberes del departamento de organización y los departamentos de producción. Aunque el departamento de estudio de tiempos es el responsable del establecimiento y conservación de los tiempos tipo de la fábrica, el ingeniero de organización trabaja a través de los capataces, y no los reemplaza. Claro está que un capataz indiferente, perezoso u hostil puede no dar una cooperación cordial. En este caso, el departamento de estudio de tiempos y la alta dirección tendrán que convencerle de que es ventajoso para él mismo, para la Compañía y para los operarios de su departamento comprender el estudio de tiempos y llevar a término los procedimientos establecidos por la empresa con respecto a la administración del estudio de tiempos y de las primas por rendimiento.

CAPITULO XXVII

ESTUDIO MECANIZADO DE TIEMPOS Y ELABORACION ELECTRONICA DE DATOS

Con mucha frecuencia, el estudio de tiempos con cronómetro es demasiado costoso y emplea demasiado tiempo en la medición de operaciones de ciclos largos, actividades complejas de grupos de hombres y de máquinas e instalaciones muy mecanizadas. Hasta hace poco se había intentado muy raras veces medir dichos trabajos, porque el estudio de tiempos no era adecuado para ellos. Hoy, sin embargo, se emplean con extensión creciente el muestreo de trabajo y la fotografía a intervalos regulares para estudiar tales operaciones. Además, un nuevo registrador electrónico de tiempos facilita ya estos estudios y promete abrir el camino hacia el estudio de tiempos verdaderamente mecanizado.

Registrador de tiempos elementales para cálculo automático.— R. R. Donnelley and Sons. Co., trabajando en colaboración con la International Business Machines Co., han construido un registrador de tiempos elementales (Fig. 250) denominado Wetarfac (Work Element Timer and Recorder for Automatic Computing), proyectado especialmente para el estudio de operaciones que comprenden ciclos de gran duración dentro de sus fábricas (1). Este aparato, que contiene elementos IBM normalizados, está diseñado para registrar, sobre una cinta de papel con cinco canales de perforación, los datos de estudio de tiempos que se le entreguen. Una máquina de escribir eléctrica, montada en su parte superior, saca copia de todos los datos, que pueden comprobarse visualmente, mientras se realiza el estudio de tiempos.

Esta máquina posee un cuadro de datos, manejado a mano, que consiste en 27 conmutadores giratorios, correspondientes a otros tantos limbos graduados. Cada conmutador es capaz de inscribir un número desde 0 a 9. Utilizando un código numérico, pueden leerse en el registrador todos los datos constantes, como fecha, año, equipo, número de la operación, número del estudio, número de la máquina

(1) Charles W. Lake, Jr., "Automeasurement-Mechanized Time Study", *Proceedings Ninth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, febrero 1957, y también, Gordon R. Ewing: "Automeasurement", *Proceedings Seventh Annual Conference of the American Institute of Industrial Engineers,* Washington, D. C., págs 12-1 a 12-10, mayo 1956.

y grupo del código. El teclado tiene seis columnas, con nueve teclas en cada una. Las tres primeras columnas se emplean para inscribir la clave del elemento; las dos siguientes para la inscripción de la frecuencia o subcódigos, y la última para inscribir el factor de valoración. Al acabarse cada elemento, el observador pulsa la tecla correspondiente.

El registrador reproduce sobre el impresor y la cinta la clave del



Fig. 250.—La máquina WETARFAC utilizada en un estudio de tiempos

elemento, el valor de la frecuencia o subcódigo, el factor de valoración y el tiempo en que se realiza el elemento. El tiempo se mide hasta la centésima de minuto. Si, por alguna razón, desea el analista que un elemento observado no se tenga en cuenta, pulsará la tecla señalada con X, con lo cual se inscribe el dato en el impresor y en la cinta perforada, pero se elimina de la elaboración automática.

Una vez completado el estudio de tiempos, se retira la cinta para su envío al Departamento de Tabulación, en el que, por medio de un aparato especial, se obtiene una tarjeta perforada para cada elemento del estudio. Cada tarjeta contiene los datos constantes, la clave del elemento, el tiempo del elemento y el factor de valoración. Con los datos del estudio de tiempos sobre las tarjetas perforadas es fácil para el calculador IBM determinar la media del elemento, la desviación típica, el coeficiente de error típico de la media y el coeficiente

Lista de tarjetas resumen calculadas

Grupo del Código	Tipo de estudio	Revisión	Condiciones del estudio	Nº del Deptº	Nº de máquina	Año	Mes	Día	Equipo	Nº del estudio	Clave del elemento	N	ΣX	M	σ	v	w
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 01 000	12	420	00035000	00149	426	256
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 51 000	43	1754	00040791	00096	235	073
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 70 000	9	306	00034000	00163	479	335
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 71 000	99	595	00006010	00020	333	068
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 72 000	97	638	00006577	00021	319	065
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 74 000	12	309	00025750	00051	198	120
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 76 000	10	227	00022700	00060	264	177
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	5 70 000	11	894	00081273	00191	235	149

Tarjetas resumen

52 54 1 1 15 050 56 05 11 1 4 3 01 000
012 000420 00035000 00149 426 256

52 54 1 1 15 050 56 05 11 1 4 3 51 000
043 001754 00040791 00096 235 073

52 54 1 1 15 050 56 05 11 1 4 3 70 000
009 000306 00034000 00163 479 335

$M = \frac{\Sigma x}{N}$

$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N} - M^2}$

v (Coeficiente de variación) $= \frac{100\sigma}{M}\%$

w (Coeficiente de error típico de la media) $= \frac{2\sigma \times 100}{M\sqrt{N}}\%$

FIG. 251.—Hoja resumen de estudio de tiempos proporcionada por el Departamento de Tabulación IBM

de variación, o sea, que toda la información que se desee acerca de cada elemento puede presentarse en términos estadísticos, como se ve en la figura 251, pudiendo resumirse esta información en una hoja de papel, mediante un impresor automático IBM.

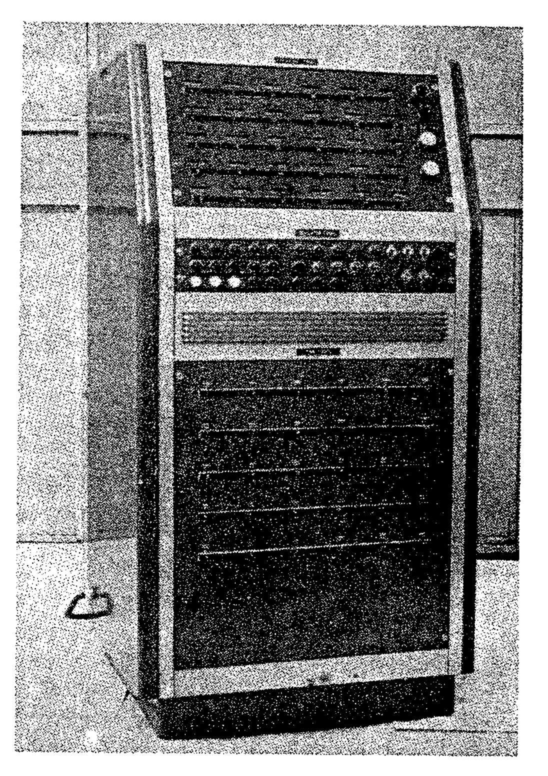
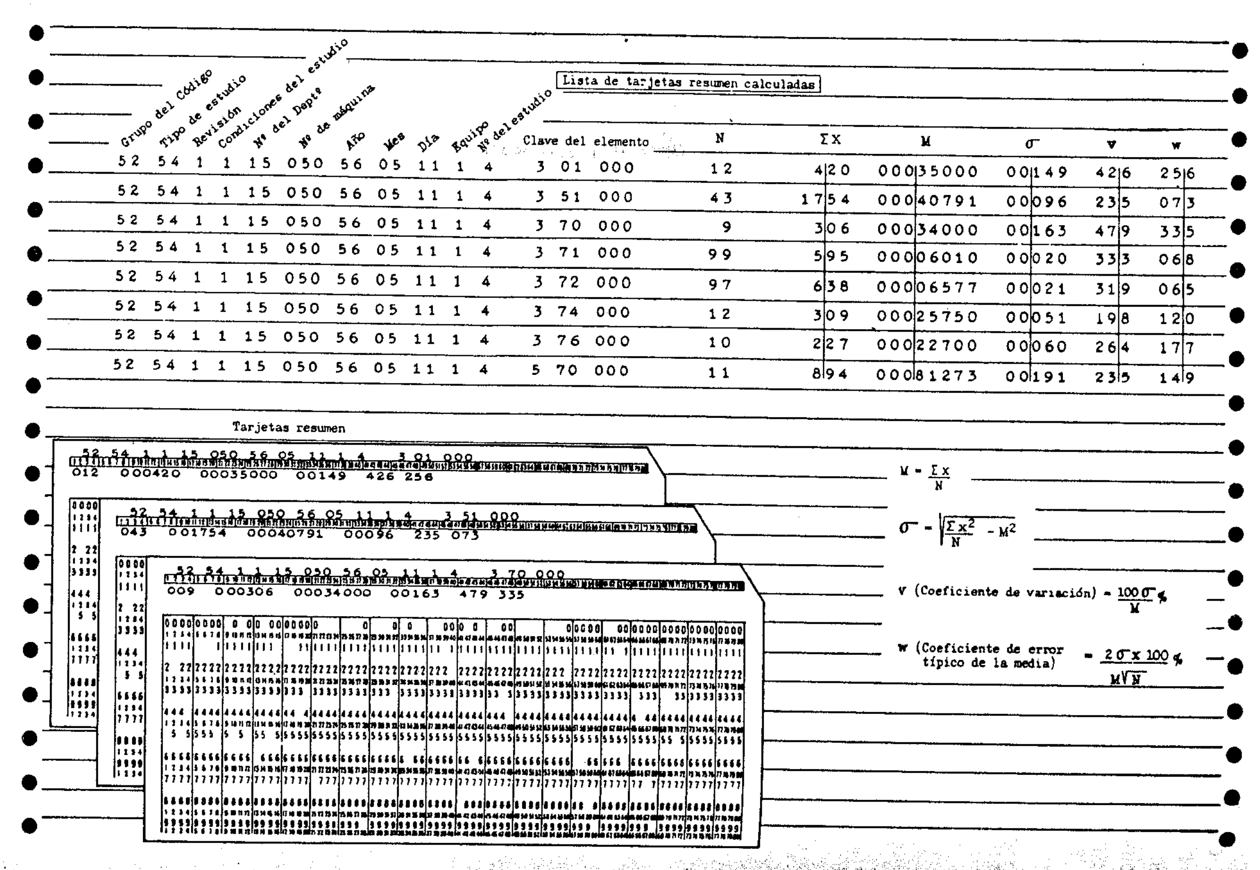


FIG. 252.—Registrador de frecuencias y tiempos que recoge automáticamente información de tiempos de actividad e inactividad

La mecanización del estudio de tiempos, no solamente aumenta el rendimiento del analista y traspasa al calculador IBM la tarea de hacer engorrosos cálculos, sino que, en algunos casos, puede conectarse directamente a las máquinas e instalaciones, eliminando por completo al observador de estudio de tiempos.

Registrador automático de tiempos y frecuencias.—El registrador automático de tiempos y frecuencias de la figura 252, fue proyectado por los ingenieros de Donnelley, a fin de reducir el número de hombres-hora necesarios para reunir datos de estudio de tiempos. El aparato



Lista de tarjetas resumen calculadas

Grupo del Código	Tipo de estudio	Revisión	Condiciones del estudio	Nº del Deptº	Nº de máquina	Año	Mes	Día	Equipo	Nº del estudio	Clave del elemento	N	ΣX	M	σ	v	w
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 01 000	12	420	00035000	00149	426	256
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 51 000	43	1754	00040791	00096	235	073
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 70 000	9	306	00034000	00163	479	335
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 71 000	99	595	00006010	00020	333	068
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 72 000	97	638	00006577	00021	319	065
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 74 000	12	309	00025750	00051	198	120
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	3 76 000	10	227	00022700	00060	264	177
52	54	1	1	15	050	56	05	11	1	4	5 70 000	11	894	00081273	00191	235	149

$M = \frac{\Sigma x}{N}$

$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N} - M^2}$

V (Coeficiente de variación) $= \frac{100\,\sigma}{M}\,\%$

W (Coeficiente de error típico de la media) $= \frac{2\sigma \times 100}{M\sqrt{N}}\,\%$

FIG. 251.—Hoja resumen de estudio de tiempos proporcionada por el Departamento de Tabulación IBM

recoge automáticamente los datos siguientes: tiempo total de trabajo, tiempo total de inactividad, tiempos de espera sin prima, frecuencia de estos tiempos, tiempo total de esperas, frecuencia de las esperas, tiempo total para cada uno de los 27 tipos de esperas y frecuencias de los mismos, velocidad de trabajo y momentos en que cambia la velocidad.

Medida automática.—En la empresa Donnelley se opina que deben automatizarse los estudios de tiempos y los registros de producción, por lo que han adoptado el término *automeasurement* (medida automática), que definen como un sistema de obtención y tratamiento automático de los datos con objeto de medir la productividad según los principios de la ciencia estadística.

Parece evidente que en la industria se encontrarán muchas aplicaciones para aparatos tales como el Wetarfac. Dada la importancia que adquieren las velocidades de las máquinas, el tiempo de inactividad, el rendimiento y la calidad de la producción en el funcionamiento de grandes y costosas máquinas e instalaciones, no es difícil imaginar registradores automáticos de tiempos conectados directamente a las máquinas o líneas de producción en muchas y diversas industrias. Estas máquinas pueden proporcionar un registro continuo de actividades, con información acerca de las interrupciones y hechos concernientes a las medidas que se toman para corregirlas. Esto daría a la dirección posibilidades de control que no tienen equivalente hasta la fecha.

Elaboración electrónica de datos para determinación de tiempos tipo a partir de datos tipo.—Algunas empresas encuentran en sus archivos datos útiles que cubren muchas y diferentes actividades realizadas en las fábricas y oficinas. Cuando una nueva tarea se incorpora a la producción, puede establecerse un tiempo tipo para ella de acuerdo con los datos archivados, pero el trabajo de aplicar los datos tipo elementales es fastidioso y lleva mucho tiempo. La Pratt and Whitney Aircraft Division, de la United Aircraft Corporation, emplea ahora una máquina de elaboración electrónica de datos (IBM 702) para calcular los tiempos tipo para las operaciones de inspección y de máquina (2).

Partiendo del manual de datos tipo para operaciones de inspección, dispuestos en forma de tablas de valores, un programa conteniendo

(2) JOSEPH MOTYCKA: "New Advances in Time Study-Electronic Data Processing", *Proceedings National Conference American Institute of Industrial Engineers*, Detroit, págs. 159-163, mayo 1961. JOSEPH MOTYCKA y TRAVERS AUBURN: "Electronic Data Processing Comes to Time Study", *Journal of Industrial Engineering*, vol. 8, núm. 1, págs. 11-18, enero-febrero 1957.

aproximadamente 3.000 instrucciones, juntamente con los valores de tiempo tabulados, ocupa aproximadamente 25.000 posiciones en la memoria del calculador. La figura 253 muestra la organización de la elaboración de datos y el procedimiento general para establecer tiempos tipo de inspección. El empleo del calculador permite conseguir una información que se consideraba imposible por el método corriente. Por ejemplo, la organización o preparación de la tarea se realiza por el

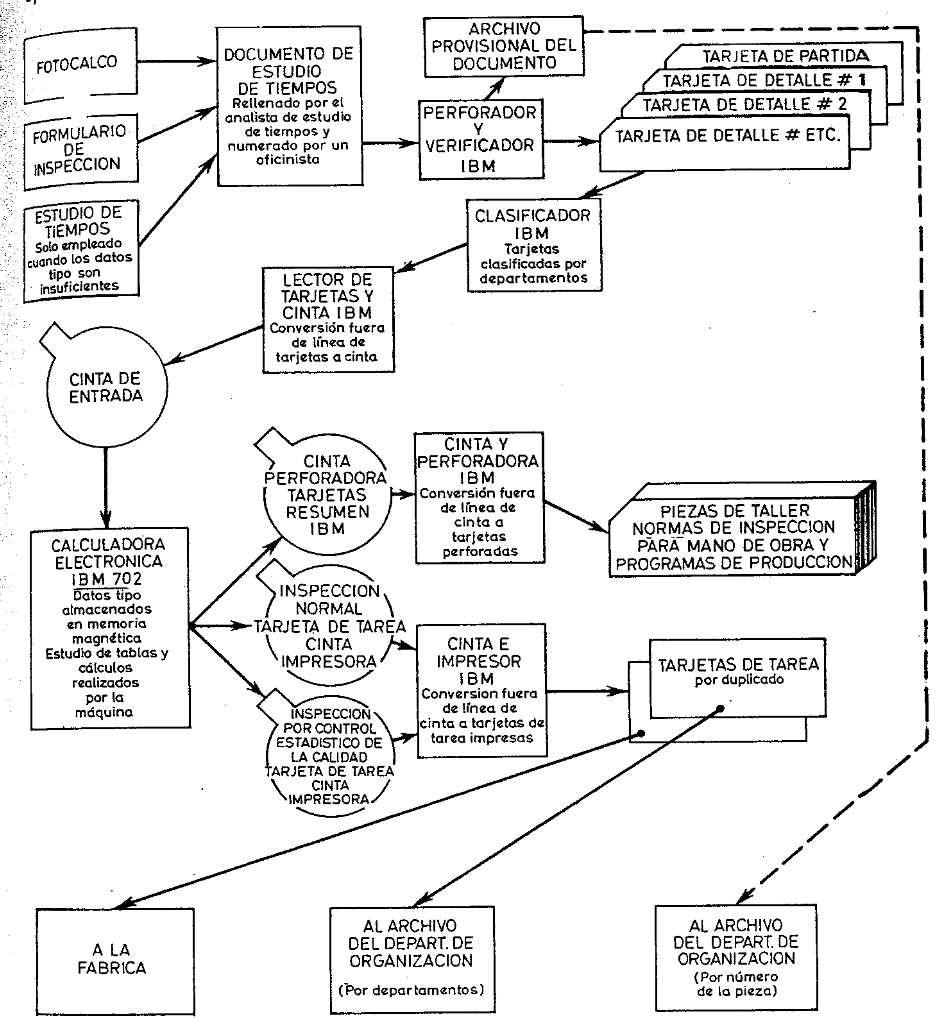


FIG. 253.—Organización de normas de inspección para elaboración electrónica de datos

inspector y esta es una parte de la operación completa. Empleando el calculador, el tiempo de preparación puede incorporarse al tiempo tipo, independientemente del tamaño del lote, sin necesidad de tiempo extra de cálculo.

La elaboración automática de datos reduce en dos tercios el tiempo necesario para calcular los tiempos tipo a partir de los datos tipo elementales. Además de aplicar los datos, el calculador puede también determinar los tiempos de máquina. Dadas las dimensiones de la pieza y el tipo de corte, el calculador, haciendo uso de los datos almacenados, tales como clase de material, avances y velocidades, puede determinar el tiempo tipo para el trabajo de cualquier máquina herramienta. De este modo, el tedioso trabajo que antes realizaba el analista es ejecutado ahora por la máquina, dejando libre al hombre para tareas más productivas.

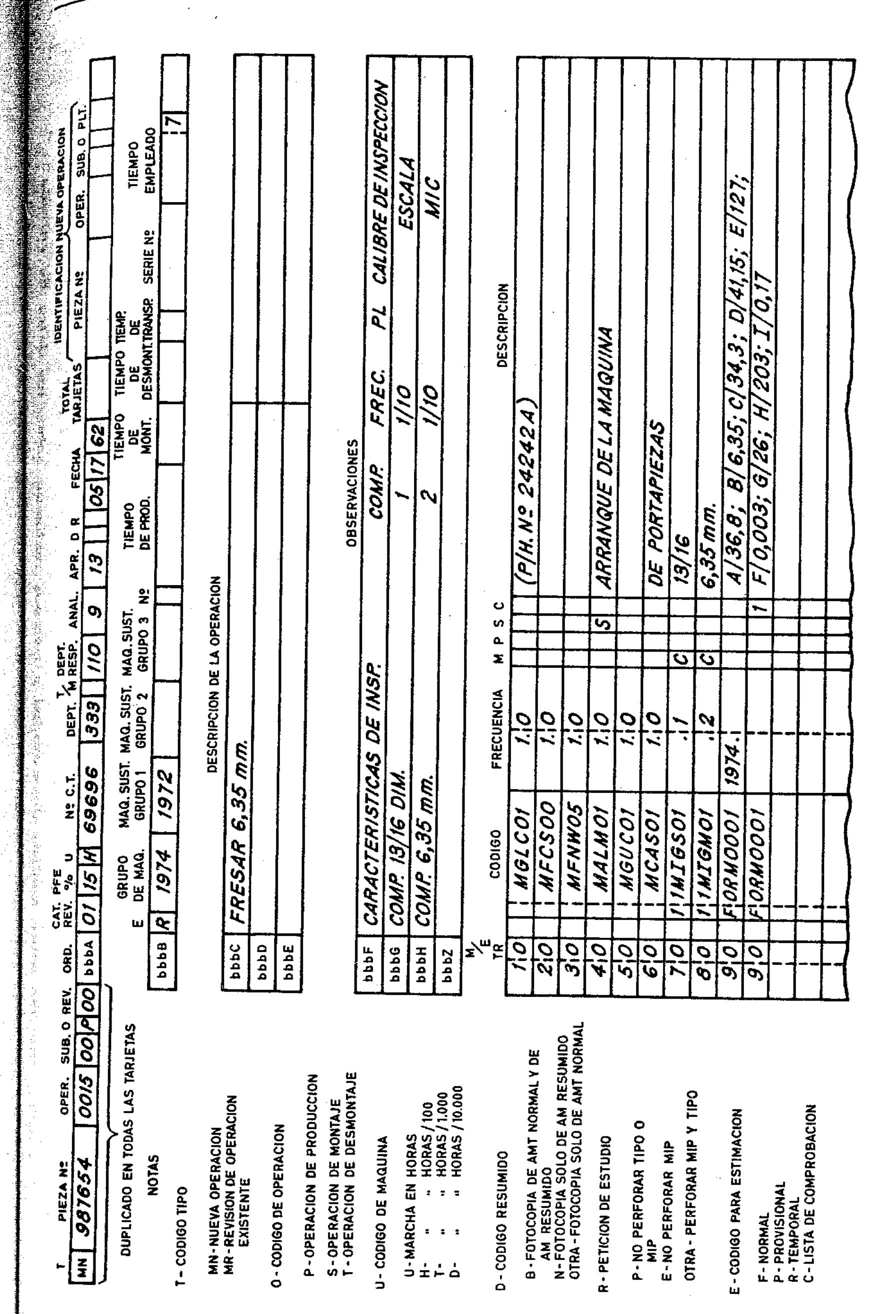
Sistema EDP para determinación de métodos y fijación de tiempos tipo.—La Service Bureau Corporation, subsidiaria de la International Business Machine Corporation, ha puesto a punto recientemente un sistema de elaboración de datos, concebido para ayudar al ingeniero de organización a establecer métodos y fijar tiempos tipo aplicables a una amplia variedad de operaciones fabriles (3). La SBC denomina AUTORATE a este sistema (4).

El sistema AUTORATE consta de programas de computador que poseen dos archivos principales, en los cuales se almacena la información para futuros procesos. El primer archivo, llamado de código, consta de las claves que representan movimientos manuales elementales, es decir, una frase descriptiva y el valor de tiempo correspondiente para cada clave. En la compilación de claves puede emplearse cualquier sistema de datos de tiempos predeterminados. De esta manera, al ingeniero de organización le basta con preparar una lista de datos elementales y sus frecuencias. El computador hará un análisis completo de la operación, conteniendo las frases descriptivas para cada elemento y el correspondiente tiempo tipo. Esta información se imprime directamente sobre un formulario especial proyectado para este fin.

El segundo archivo principal del sistema AUTORATE se denomina archivo de clasificación, y consiste en un sumario de cada método y del análisis de tiempo establecido para cada operación, que se almacenan automáticamente en dicho archivo a medida que se van elabo-

(3) Reproducido, con la debida autorización, de «A Report on the Autorate System, *The Service Bureau Corporation,* Nueva York, 1962. Véase también "Now You Can Set Standards with a Computer", *Mill & Factory,* vol. 71, núm. 5, págs. 68-69, noviembre 1962.

(4) Marca distintiva de The Service Bureau Corporation.



T | PIEZA Nº | OPER. | SUB. O REV. | ORD. | CAT. REV. | PFE % | U | Nº C.T. | DEPT. | T/M | DEPT. RESP. | ANAL. | APR. | D | R | FECHA | TOTAL TARJETAS | IDENTIFICACION NUEVA OPERACION: PIEZA Nº | OPER. | SUB. O PLT.
MN | 987654 | 0015 | 00 | P00 | bbbA | 01 | 15 | H | 69696 | 333 | 110 | 9 | 13 | 05 17 62
DUPLICADO EN TODAS LAS TARJETAS
NOTAS | bbbB | E | GRUPO DE MAQ. R 1974 | MAQ. SUST. GRUPO 1 1972 | MAQ. SUST. GRUPO 2 | MAQ. SUST. GRUPO 3 | Nº | TIEMPO DE PROD. | TIEMPO DE MONT. | TIEMPO DE DESMONT. TRANSP. | SERIE Nº | TIEMPO EMPLEADO 7
T - CODIGO TIPO
DESCRIPCION DE LA OPERACION
bbbC FRESAR 6,35 mm.
bbbD
bbbE
MN - NUEVA OPERACION
MR - REVISION DE OPERACION EXISTENTE
O - CODIGO DE OPERACION
P - OPERACION DE PRODUCCION
S - OPERACION DE MONTAJE
T - OPERACION DE DESMONTAJE
OBSERVACIONES
bbbF CARACTERISTICAS DE INSP. | COMP. | FREC. | PL | CALIBRE DE INSPECCION
bbbG COMP. 13/16 DIM. | 1 | 1/10 | ESCALA
bbbH COMP. 6,35 mm. | 2 | 1/10 | MIC
bbbZ
U - CODIGO DE MAQUINA
U - MARCHA EN HORAS
H - " " HORAS/100
T - " " HORAS/1.000
D - " " HORAS/10.000

M/E TR	CODIGO	FRECUENCIA	M P S C	DESCRIPCION
1,0	MGLC01	1,0		(P/H. Nº 24242A)
2,0	MFCS00	1,0		
3,0	MFNW05	1,0		
4,0	MALM01	1,0	S	ARRANQUE DE LA MAQUINA
5,0	MGUC01	1,0		
6,0	MCAS01	1,0		DE PORTAPIEZAS
7,0	11MIGS01	.1	C	13/16
8,0	11MIGM01	.2	C	6,35 mm.
9,0	FORM0001	1974		A/36,8; B/6,35; C/34,3; D/41,15; E/127;
9,0	FORM0001		1	F/0,003; G/26; H/203; I/0,17

D - CODIGO RESUMIDO
B - FOTOCOPIA DE AMT NORMAL Y DE AM RESUMIDO
N - FOTOCOPIA SOLO DE AM RESUMIDO
OTRA - FOTOCOPIA SOLO DE AMT NORMAL
R - PETICION DE ESTUDIO
P - NO PERFORAR TIPO O MIP
E - NO PERFORAR MIP
OTRA - PERFORAR MIP Y TIPO
E - CODIGO PARA ESTIMACION
F - NORMAL
P - PROVISIONAL
R - TEMPORAL
C - LISTA DE COMPROBACION

FIG. 254.—Tarjeta de entrada para estudio de un nuevo tiempo tipo de una operación de mecanizado.

T	PIEZA Nº	OPER.	SUB.	O	REV.	ORD.	CAT. REV.	PFE %	U	Nº C.T.	DEPT.	T/M	DEPT. RESP.	ANAL.	APR.	D	R	FECHA			TOTAL TARJETAS	IDENTIFICACION NUEVA OPERACION: PIEZA Nº	OPER.	SUB.	O	PLT.
MN	987654	0015	00	P	00	bbbA	01	15	H	69696	333		110	9	13			05	17	62						

DUPLICADO EN TODAS LAS TARJETAS

	E	GRUPO DE MAQ.	MAQ. SUST. GRUPO 1	MAQ. SUST. GRUPO 2	MAQ. SUST. GRUPO 3	Nº	TIEMPO DE PROD.	TIEMPO DE MONT.	TIEMPO DE DESMONT.	TIEMP. DE TRANSP.	SERIE Nº	TIEMPO EMPLEADO	
bbbB	R	1974	1972									7	

DESCRIPCION DE LA OPERACION

bbbC	FRESAR 6,35 mm.	
bbbD		
bbbE		

OBSERVACIONES

bbbF	CARACTERISTICAS DE INSP.	COMP.	FREC.	PL	CALIBRE DE INSPECCION
bbbG	COMP. 13/16 DIM.	1	1/10		ESCALA
bbbH	COMP. 6,35 mm.	2	1/10		MIC
bbbZ					

M/E TR			CODIGO	FRECUENCIA	M	P	S	C	DESCRIPCION
1 0			MGLC01	1.0					(P/H. Nº 24242 A)
2 0			MFCS00	1.0					
3 0			MFNW05	1.0					
4 0			MALM01	1.0			S		ARRANQUE DE LA MAQUINA
5 0			MGUC01	1.0					
6 0			MCAS01	1.0					DE PORTAPIEZAS
7 0		1	1MIGS01	.1	C				13/16
8 0		1	1MIGM01	.2	C				6,35 mm.
9 0		F	ORM0001	1974.					A/36,8; B/6,35; C/34,3; D/41,15; E/127;
9 0		F	ORM0001					1	F/0,003; G/26; H/203; I/0,17

NOTAS

T - CODIGO TIPO

MN - NUEVA OPERACION
MR - REVISION DE OPERACION EXISTENTE

O - CODIGO DE OPERACION

P - OPERACION DE PRODUCCION
S - OPERACION DE MONTAJE
T - OPERACION DE DESMONTAJE

U - CODIGO DE MAQUINA

U - MARCHA EN HORAS
H - " " HORAS / 100
T - " " HORAS / 1.000
D - " " HORAS / 10.000

D - CODIGO RESUMIDO

B - FOTOCOPIA DE AMT NORMAL Y DE AM RESUMIDO
N - FOTOCOPIA SOLO DE AM RESUMIDO
OTRA - FOTOCOPIA SOLO DE AMT NORMAL

R - PETICION DE ESTUDIO

P - NO PERFORAR TIPO O MIP
E - NO PERFORAR MIP
OTRA - PERFORAR MIP Y TIPO

E - CODIGO PARA ESTIMACION

F - NORMAL
P - PROVISIONAL
R - TEMPORAL
C - LISTA DE COMPROBACION

FIG. 254.—Tarjeta de entrada para estudio de un nuevo tiempo tipo de una operación de mecanizado.

PRIME MFCT. CORP. FECHA 05-17- PAG. 01

ANALISIS TEMPORAL DE METODOS

PIEZA N.°	987654	FRESAR 6, 35 mm	N.° C. T.	69696
OPER. N.°	0015-00-P		ANALISTA	9
DEPT. N.°	333		APROBACION	13
GRUPO DE MAQ.	1974	MAQ. SUST. GRUPO 1972	DEPT. RESP.	110
REV. N.°	00			

DATOS DE MAQUINA Y HERRAMIENTAS

DIAMETRO DE FRESA	127
N.° DE DIENTES	26
CARRERA	87,5
R. P. M.	95
AVANCE mm/Min.	177,8

PORTAPIEZAS

H. N.° 24242A

OBSERVACIONES

CARACTERIST. DE INSP.	COMP.	FREC.	PL	CALIBRE DE INSP.
COMP. 13/16 DIM	1	1/10		ESCALA
COMP. 6,35 mm	2	1/10		MIC

ORDEN DE OPERACIONES

ORDEN	DESCRIPCION	PETICION
1.0	COLOCAR PIEZA SOBRE PLANTILLA H/N.° 24242A	
2.0	APRETAR Y SOLTAR LA MORDAZA	
3.0	APRETAR TUERCA	
4.0	ARRANQUE DE LA MAQUINA	
5.0	RETIRAR PIEZA DE PLANTILLA	
6.0	LIMPIAR SUPERFICIE DEL PORTAPIEZAS	
7.0	COMPROBAR CON ESCALA 13/16 DIM	
8.0	COMPROBAR CON MICROMETRO 6,35 mm	
9.0	A/ENT; B/HOL; C/LC; D/MCM; E/DF; F/CVD; G/ND; H/AV; I/FH. A/36,8; B/6,35; C/34,3; D/41,15; E/127; F/0,003; G/26; H/203; I/0,17	

PRIME MFCT. CORP FECHA 05-17- PAG. 01

ANALISIS TEMPORAL DE METODOS

PIEZA N.°	987654	N.° C.T.	69696
OPER. N.°	0015-00-P	ANALISTA	9
DEPT. N.°	333	APROBACION	13
GRUPO DE MAQ.	1974	DEPT. RESP.	110

ORDEN DE OPERACIONES

ORDEN	CODIGO	TMU	FREC.	HR./100	TOTAL ACUM.
1.0	MGLC01	64	1,0000	0,0640	0,0640
2.0	MFCS00	30	1,0000	0,0300	0,0940
3.0	MFNW05	210	1,0000	0,2100	0,3040
4.0	MALM01	26	1,0000	0,0260	0,3300
5.0	MGUC01	42	1,0000	0,0420	0,3720
6.0	MCAS01	71	1,0000	0,0710	0,4430
7.0	11MIGS01	187	0,1000	0,0187	0,4430
8.0	11MIGM01	173	0,1000	0,0173	0,4430
9.0	FORM0001 TIEMPO DE MAQ.			1,7848	2,2278
	SUPL. HERRAMIENTA			0,1235	2,3513
	PFE — 15 %			0,3527	2,7040
	••••• TIEMPO TIPO — HR./100				2,704

FIG. 255.—Informe sobre análisis de métodos y tiempos realizado sobre los datos de entrada

rando. La existencia del archivo de clasificación permite presentar nuevamente, siempre que se pida, cualquier método previamente establecido, juntamente con su análisis de tiempo. La principal función de este archivo es facilitar al ingeniero de organización los cambios en las normas previamente establecidas, con un mínimo de trabajo. El ingeniero se limita a poner los cambios o revisiones en clave, y el computador dará una versión completa y al día, lista para uso inmediato. Desde luego, cada revisión y cambio de una norma existente se registra en el archivo de clasificación.

La figura 254 muestra los datos de entrada para un nuevo tiempo tipo de una operación de mecanizado, y la figura 255 es la tarjeta de análisis obtenida a partir de aquellos.

PRIME MFCT. CORP. FECHA 05-17-
PAG. 01

ANALISIS TEMPORAL DE METODOS

PIEZA N.°	987654	FRESAR 6, 35 mm	N.° C. T.	69696
OPER. N.°	0015-00-P		ANALISTA	9
DEPT. N.°	333		APROBACION	13
GRUPO DE MAQ.	1974	MAQ. SUST. GRUPO 1972	DEPT. RESP.	110
REV. N.°	00			

DATOS DE MAQUINA Y HERRAMIENTAS

DIAMETRO DE FRESA	127
N.° DE DIENTES	26
CARRERA	87,5
R. P. M.	95
AVANCE mm/Min.	177,8

PORTAPIEZAS

H. N.° 24242A

OBSERVACIONES

CARACTERIST. DE INSP.	COMP.	FREC.	PL	CALIBRE DE INSP.
COMP. 13/16 DIM	1	1/10		ESCALA
COMP. 6,35 mm	2	1/10		MIC

ORDEN DE OPERACIONES

ORDEN	DESCRIPCION	PETICION
1.0	COLOCAR PIEZA SOBRE PLANTILLA H/N.° 24242A	
2.0	APRETAR Y SOLTAR LA MORDAZA	
3.0	APRETAR TUERCA	
4.0	ARRANQUE DE LA MAQUINA	
5.0	RETIRAR PIEZA DE PLANTILLA	
6.0	LIMPIAR SUPERFICIE DEL PORTAPIEZAS	
7.0	COMPROBAR CON ESCALA 13/16 DIM	
8.0	COMPROBAR CON MICROMETRO 6,35 mm	
9.0	A/ENT; B/HOL; C/LC; D/MCM; E/DF; F/CVD; G/ND; H/AV; I/FH. A/36,8; B/6,35; C/34,3; D/41,15; E/127; F/0,003; G/26; H/203; I/0,17	

PRIME MFCT. CORP FECHA 05-17-
PAG. 01

ANALISIS TEMPORAL DE METODOS

PIEZA N.°	987654	N.° C. T.	69696
OPER. N.°	0015-00-P	ANALISTA	9
DEPT. N.°	333	APROBACION	13
GRUPO DE MAQ.	1974	DEPT. RESP.	110

ORDEN DE OPERACIONES

ORDEN	CODIGO	TMU	FREC.	HR./100	TOTAL ACUM.
1.0	MGLC01	64	1,0000	0,0640	0,0640
2.0	MFCS00	30	1,0000	0,0300	0,0940
3.0	MFNW05	210	1,0000	0,2100	0,3040
4.0	MALM01	26	1,0000	0,0260	0,3300
5.0	MGUC01	42	1,0000	0,0420	0,3720
6.0	MCAS01	71	1,0000	0,0710	0,4430
7.0	11MIGS01	187	0,1000	0,0187	0,4430
8.0	11MIGM01	173	0,1000	0,0173	0,4430
9.0	FORM0001 TIEMPO DE MAQ.			1,7848	2,2278
	SUPL. HERRAMIENTA			0,1235	2,3513
	PFE — 15 %			0,3527	2,7040
	••••• TIEMPO TIPO — HR./100				2,704

FIG. 255.—Informe sobre análisis de métodos y tiempos realizado sobre los datos de entrada

CAPITULO XXVIII

DETERMINACION DE TIEMPOS TIPO A PARTIR DE DATOS DE TIEMPOS ELEMENTALES Y DE FORMULAS

Se hacen muchos estudios de tiempos de una sola operación con poca o ninguna idea sobre si los datos tomados tendrán algún valor en cualquier otra operación. No obstante, hay algunas clases de trabajo que tienen ciertos elementos parecidos. Por ejemplo, en determinada clase de trabajo con máquina-herramienta pueden ser semejantes todos los elementos, excepto el tiempo de máquina o el de corte. Así, la plantilla utilizada para taladrar un agujero de 6 mm en el extremo de un eje (véase figura 217) puede usarse igualmente para taladrar muchos tamaños diferentes de ejes. Si la longitud y diámetro de los ejes caen dentro de un intervalo limitado, el tiempo de manipulación para el taladrado de todos los ejes será prácticamente constante y la única variable de la operación será el tiempo necesario para hacer el agujero, que variará con su diámetro y profundidad. Otras operaciones que utilizan plantillas similares a estas tendrán ciertos elementos comunes, como el de *apretar el tornillo de fijación* o el de *bajar la broca hacia la pieza.*

Cuando se han de hacer estudios de movimientos y tiempos de muchas operaciones diferentes de un trabajo similar, tal como el que se hace con taladradoras sensibles, tornos y talladoras de engranajes, es mejor considerar como una unidad toda esa clase de trabajo, para buscar los perfeccionamientos de los métodos que sean oportunos y normalizar todos los factores de la misma. Al iniciar los estudios de tiempos sobre este trabajo, deben elegirse los elementos de forma que, finalmente, sea posible la construcción de tablas de tiempos tipo, aplicables a todos los elementos que puedan aparecer continuamente en esa clase de trabajo.

Uso de los valores de tiempo para los elementos constantes.—Los datos mostrados en las tablas XIX a XXI se obtuvieron de estudios de tiempos sobre clases representativas de trabajo en número suficiente para garantizar su confianza. Teniendo estos datos en el departamento de estudio de tiempos es posible fijar tiempos tipo para los elementos de manipulación de cualquier trabajo en taladradora sensible que caiga dentro de las clases que aparecen en las listas de las

tablas XX y XXI. Estos datos no dan el tiempo necesario para hacer el agujero en la pieza; por consiguiente, se ha de obtener esta información por medio del estudio de tiempos con cronómetro de dicho elemento.

TABLA XIX.—TIEMPOS DE PREPARACIÓN PARA TRABAJO CON TALADRO SENSIBLE

Tiempo de preparación

Descripción del trabajo	Tiempo en minutos
1. Pieza pequeña sostenida en la plantilla y que puede ser manejada por la mano con mucha facilidad	15,00
2. Pieza pequeña sujeta por tornillo	15,00
3. Pieza pequeña sujeta a la mesa por medio de una o dos correas o abrazaderas	15,00
4. Pieza pequeña cogida en plantilla y que tiene varios agujeros, corrientes, roscados y escariados	30,00
5. Pieza pequeña cogida en plantilla y esta sujeta por tornillo.	30,00
6. Pieza de tamaño mediano sostenida por una o dos correas.	30,00
7. Pieza de tamaño mediano, cuya rotación sobre la mesa está impedida por un tope en una ranura en T	15,00
8. Pieza de tipo circular, tal como arandelas, collarines, tubos y manguitos, sujeta a la mesa por un perno que pasa por el centro	15,00

Suponiendo que pudiera disponerse de las tablas XIX, XX y XXI y que fuera necesario determinar el tiempo tipo para taladrar el agujero de 6 mm. en el extremo del eje (véase Fig. 217), se seguiría el procedimiento dado a continuación:

	Minutos
Sujetar y sacar la pieza (de tabla XX) ... ... (Clase B, pieza sostenida por tornillo de sujeción.)	0,50
Manipulación de la máquina (de tabla XXI) ... ... (Clase A, taladrado, una broca sin guía.)	0,07
Taladrar agujero 6 mm ... ... (Dato de cronometraje obtenido como en la figura 217).	0,54
Tiempo normal total por pieza	1,11
5 % de suplemento	0,06
Tiempo tipo total por pieza	1,17
Tiempo de preparación (de tabla XIX) = 15 minutos.	

Es evidente el valor que tienen los datos de tiempos tipo como los expuestos en este ejemplo. Reducen el número de estudios de tiempos necesarios, acortan el tiempo requerido para fijar el tipo y tienden a aportar mayor exactitud y uniformidad a las normas de tiempo para una clase dada de trabajo.

El siguiente paso en esta dirección es la preparación de fórmulas que hagan factible el cálculo rápido de valores de tiempo para los elementos de máquina. Así, conociendo los tiempos tipos para los elementos de manipulación y los valores de tiempo calculados para los elementos de máquina, se puede determinar el tiempo tipo para

TABLA XX.—TIEMPOS ELEMENTALES PARA TALADROS SENSIBLES

Tiempo de sujetar y retirar el material

1. *Pieza sostenida en la plantilla.*

Clases:

A. Sostenida por tornillo de mariposa.
B. Sostenida por tornillo de sujeción.
C. Sostenida por tornillo de mariposa y de sujeción.
D. Sostenida por correa o abrazadera y tornillo de mariposa.
E. Sostenida por correa y tornillo de sujeción.
F. Sostenida por correa y tornillo de mariposa y de sujeción.

ELEMENTOS	Tiempos, centésimas de minuto					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
1. Coger la pieza y colocarla en la plantilla ...	12	12	12	12	12	12
2. Poner correa o abrazadera y apretar tornillo.	—	—	—	10	10	10
3. Apretar el tornillo de mariposa	08	—	08	08	—	08
4. Apretar el tornillo de sujeción	—	12	12	—	12	12
5. Aflojar el tornillo de sujeción	—	06	06	—	06	06
6. Aflojar el tornillo de mariposa	05	—	05	05	—	05
7. Sacar la correa y aflojar el tornillo	—	—	—	08	08	08
8. Sacar la pieza de la plantilla	08	08	08	08	08	08
9. Soplar las virutas	12	12	12	12	12	12
TOTALES	45	50	63	63	68	81

Nota.—Añadir 0,32 minutos cuando la plantilla está sujeta por correa a la mesa. Añadir 0,07 minutos por cada tornillo de mariposa adicional. Añadir 0,08 minutos por cada tornillo de sujeción adicional.

una operación dada sin necesidad de hacer un estudio de tiempos. Utilizando este procedimiento se puede determinar rápidamente el tiempo tipo antes de la producción real de la pieza. En este caso habrá que darle de antemano al departamento de estudio de tiempos un dibujo detallado de la pieza que se va a hacer y la hoja de operación o la de ruta.

Determinación de tiempos tipo para elementos variables.—En todas las clases de trabajo con máquinas-herramientas es probable que el

tiempo de manipulación de la máquina y el de sujetar y sacar la pieza permanezcan constantes para cada elemento, siempre que el tamaño y forma de la pieza estén comprendidos dentro de límites relativamente próximos. El tiempo para hacer el corte es la variable. Frecuentemente puede calcularse este tiempo de máquina, sobre todo

TABLA XXI.—TIEMPOS ELEMENTALES PARA TALADROS SENSIBLES

Tiempo de manipulación de la máquina

Clases:

A. Taladrar, una broca sin guía.
B. Taladrar, colocar y sacar la guía.
C. Taladrar, colocar y sacar la broca.
D. Taladrar, colocar y sacar la broca y la guía.

ELEMENTOS	Tiempo en centésimas de minuto			
	A	*B*	*C*	*D*
1. Colocar la guía en la plantilla	—	06	—	06
2. Colocar la broca en el mandril	—	—	04	04
3. Mover la broca hacia la pieza	04	04	04	04
4. Levantar la broca del agujero	03	03	03	03
5. Sacar la guía de la plantilla	—	05	—	05
6. Sacar la broca del mandril	—	—	03	03
TOTALES	07	18	14	25

NOTA.—Añadir 0,15 minutos cuando no se utiliza el mandril de cambio rápido (casos *B* y *C*). Añadir 0,06 minutos para desplazar la pieza hacia el eje siguiente. Añadir 0,05 minutos cuando el escariador se lubrica antes de entrar en el agujero.

cuando se utilizan avances mecánicos. Por ejemplo, en trabajo de fresadora con avance mecánico, si se conoce el avance de la mesa en milímetros por revolución de la fresa, así como la velocidad de la misma en revoluciones por minuto, solo queda un sencillo problema de aritmética para saber el tiempo necesario para fresar una pieza de una longitud dada. A la longitud de la pieza se tendrá que agregar un suplemento por la entrada y la retirada de la fresa; no obstante, puede calcularse fácilmente. De igual forma, si un eje de longitud dada se sujeta en un torno y se conocen la velocidad y el avance, es cuestión fácil calcular el tiempo necesario para hacer el corte en la pieza. Por consiguiente, en trabajo con máquina-herramienta, el tiempo de manipulación (una constante), más el tiempo de máquina (una

variable), más los suplementos, es igual al tiempo tipo de la ejecución de una operación dada.

En la operación de soldar la costura lateral en la fabricación de cajas rectangulares (véase Cap. XXIX) la variable principal es el elemento *soldar la longitud total de la costura.* El tiempo de este elemento varía directamente con la longitud de la costura.

Fijación de tiempos tipo para fresado cuadrado o hexagonal en pernos, tornillos o ejes.—Mediante el uso de las cuatro tablas siguientes es posible determinar el tiempo tipo para preparar una fresadora y fresar un cuadrado o un hexágono en los extremos de pernos, tornillos o ejes. Los datos de las tablas XXII y XXIII se determinaron mediante estudios de tiempos con cronómetro. Se estudió un número suficiente de tareas representativas para obtener datos de confianza. Las tablas XXIV y XXV se recopilaron para facilitar la determinación del tiempo tipo para una operación dada. A continuación de estas tablas se dan ejemplos típicos para enseñar su uso.

Hay dos métodos para fresar cuadrados y hexágonos: 1) utilizando una fresa sola, lo que requiere un corte separado para cada lado (úsese tabla XXIV), y 2) utilizando una fresa múltiple que corta ambos lados a la vez (úsese tabla XXV).

Cálculo de datos para la tabla XXIV. Fresado con fresa de seis dientes.—Esta operación de fresado se realiza con una fresa sencilla, por lo que se necesitan cuatro cortes para fresar un cuadrado y seis para fresar un hexágono. La dimensión *B* (véanse esquemas en las tablas XXIV y XXV), representa el diámetro torneado del eje, en lugar de la anchura de la cara que se ha de cortar, debido a que en los dibujos detallados (véase Fig. 256) se acota de esta forma. Como el lado del cuadrado es 0,7071 veces el diámetro de la circunferencia circunscrita y el lado del hexágono es igual al radio de dicha circunferencia, resulta fácil hacer la conversión.

Cuando se utiliza una fresa sencilla, el corte se hace a lo ancho de la cara, variando el tiempo de corte con *B* y siendo independiente de la dimensión *A*, siempre que caiga dentro del campo de los datos, esto es, entre 15,9 y 45 mm. El tiempo total de manipulación *(TM)*, más el tiempo total de corte *(M)*, más los suplementos, es igual al tiempo total de la operación.

El tiempo de manipulación se compone del tiempo de manipulación de la máquina y del tiempo de sujetar y sacar la pieza, como viene indicado en la tabla XXIII. El tiempo de corte puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$M = \frac{(L + R)\,N}{A}$$

TABLA XXII.—TIEMPOS DE PREPARACIÓN PARA FRESADORAS

Clase de máquina 36

1. *Tiempos base de preparación.*

Tiempo en minutos

TIPO	TAMAÑOS DE LA PIEZA		
	Pequeña	Media	Grande
A. Sujeta con correas o abrazaderas a la mesa o al angular (4 correas)	25	25	25
B. Sujeta con tornillo	25	25	25
C. Sujeta con dos tornillos	—	30	30
D. Tornillo con garras falsas	35	35	35
E. Sostenido en el dispositivo de fijación	35	45	60
F. Sostenido en cabezal divisor	35	35	—
G. Sostenido en cabezal divisor y punta	45	45	—

2. *Piezas adicionales utilizadas.*—Tiempo que hay que añadir a los tiempos base de preparación.

PIEZA	TAMAÑOS DE LA PIEZA		
	Pequeña	Media	Grande
H. Cada correa adicional	5	5	5
J. Angular	10	15	15
K. Fresas múltiples:			
1) Límites fraccionarios	10	10	10
2) Límites decimales	15	15	15
L. Mesa falsa	10	15	20
M. Mesa redonda. Avance a mano	10	20	20
N. Mesa redonda. Avance mecánico	20	30	30
P. Cabezal de alta velocidad	—	40	—
Q. Cabezal universal	—	60	—

TABLA XXIII.—TIEMPOS ELEMENTALES PARA FRESAR UN CUADRADO O UN HEXÁGONO EN PERNOS, TORNILLOS O EJES

Clase de máquina 36 *Tabla de fresado 1 A*

1. *Tiempo de preparación.*—Completo.—Véase tabla de preparación.
   Cambiar tamaños.—Fresa de acabado.—10 minutos.
   Fresas múltiples.—20 minutos.
2. *Especificaciones:*
   A. Método de sujeción:
      1. Mandril de 3 garras (tornillos pequeños y pernos).
      2. Sostenida entre puntas (ejes).
      3. Eje de roscar en cabezal divisorio (fresas pequeñas con rosca en el extremo).
   B. Herramientas:
      1. Fresa de 6 dientes.
      2. Fresas múltiples (dientes alternados de 150 mm, fresas de corte natural).
   C. Longitud de cara: — 15,85 a 44,4 mm.
   D. Tamaño del cuadrado o hexágono: — 17,7 a 41,3 mm.
   E. Número de cortes: — 1 por lado.
   F. Material: — S. A. E. 2315.
   G. Graduar: — Usar placa indicadora rápida siempre que sea posible.
3. *Tiempo de trabajo.*—Tiempo de manipulación de la máquina y de sujeción en el mandril.

Tiempo en minutos

Elementos	Método de sujeción en el mandril										
	1					2		3			
	Velocidad en r.p m.	Cuadrado		Hexag.		Cuad.	Hexag.	Cuadrado		Hexag.	
		214	58	214	58	214	214	214	58	214	58
	Tipo de fresa	Fresa de 6 dientes	Fresa múltiple	Fresa de 6 dientes	Fresa múltiple	Fresa de 6 dientes	Fresa de 6 dientes	Fresa de 6 dientes	Fresa múltiple	Fresa de 6 dientes	Fresa múltiple
1. Parar la máquina ...		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
2. Aflojar el perro en el soporte		.....	.....	.....	.....	0,08	0,08	.....	.....	.....	.....
3. Aflojar la punta ...		.....	.....	.....	.....	0,08	0,08	.....	.....	.....	.....
4. Aflojar la pieza		0,04	0,04	0,04	0,04	.....	.....	0,08	0,08	0,08	0,08
5. Sacar la pieza		0,06	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
6. Sacar el perro		.....	.....	.....	.....	0,08	0,08	.....	.....	.....	.....
7. Colocar el perro ...		.....	.....	.....	.....	0,08	0,08	.....	.....	.....	.....
8. Limpiar las virutas.		.....	.....	.....	.....	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
9. Colocar la pieza ...		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0.12	0,12	0.12	0,12
10. Apretar		0,12	0,12	0,12	0,12	0,18	0,18	0,10	0,10	0,10	0,10
11. Echar a andar la máquina		0,02	0,02	0,02	0.02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
12. Avanzar para cortar.		0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,06
13. Cambiar la profundidad		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14. Fresar	73 mm ó 92 mm[a]	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
15. Graduar [b]		0.15	0,05	0,25	0,10	0,15	0,25	0,15	0,05	0,25	0,10
16. Regreso de la mesa.		0,05	0,07	0,05	0,07	0,05	0.05	0,05	0,07	0,05	0,07
TOTALES		0,60	0,54	0,70	0,59	1,03	1,13	0,76	0,70	0,86	0,75

* Conceder un tiempo de 0,08 minutos cuando sea necesario.
a Avance en mm por minuto, dependiente del grado de acabado necesario.
b El tiempo expuesto es para una graduación rápida. (Doble tiempo de graduación cuando se usa manivela de precisión.)

$$M = \text{Tiempo de corte} = \frac{(L + R) \times \text{número de cortes}}{\text{avance}}$$

Tiempo tipo = tiempo base + tolerancias.
Tiempo base = TM + M.

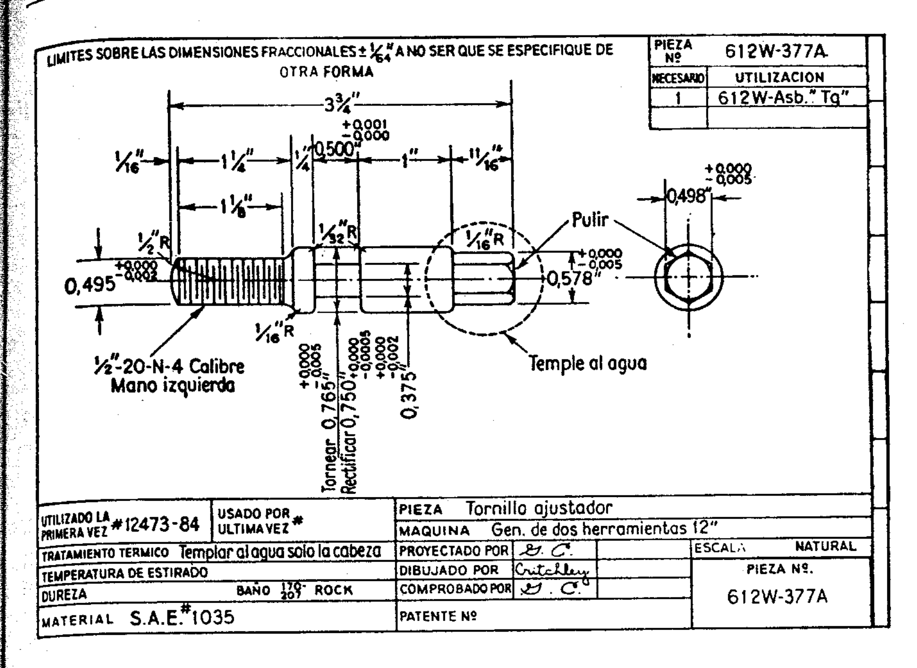


FIG. 256.—Dibujo de detalle de un tornillo ajustador, pieza 612W-377 A.

en la que

M = tiempo de corte en minutos.
L = longitud del corte en mm.
  a) $L = 0{,}707 \times B$ para el cuadrado.
  b) $L = 0{,}5 \times B$ para el hexágono.
R = retirada = 1/2 diámetro de la fresa en mm.
N = número de cortes por pieza.
  a) $N = 4$ para el cuadrado.
  b) $N = 6$ para el hexágono.
A = avance de la mesa en mm por minuto.
  a) Para acabado fino, utilizar 73 mm.
  b) Para acabado ordinario, utilizar 92 mm.

Ejemplo.—Supóngase que el eje de la parte superior de la tabla XXIV tiene las dimensiones siguientes: A = 44,4 mm; B = 25,4 mm; acabado ordinario (avance = 92 mm por minuto); fresar cuadrado con fresa de 6 dientes de 44,4 milímetros de diámetro; pieza sostenida en un mandril de 3 garras.

El tiempo de manipulación (*TM*) se obtiene de la tabla XXIII, método de sujeción, 1, cuadrado, fresa de 6 dientes y es de 0,60 minutos.

El tiempo de corte se calcula por la fórmula dada anteriormente.

$$M = \frac{(18{,}0 + 22{,}2)4}{92} = \frac{160{,}8}{92} = 1{,}748$$

$L = 0{,}707 \times 25{,}4 = 18$
$R = 1/2 \text{ de } 44{,}4 = 22{,}2$
$N = 4$
$A = 92$ mm.

	$TM =$	0,60
	$M =$	1,748
Tiempo normal total		2,348
5 % de suplemento	=	0,117
Tiempo tipo total		2,465, utilizar 2,5 minutos

Con referencia a la tabla XXIV, como se usa una fresa sencilla y *A* queda entre los límites dados, se puede aplicar esta tabla. Leyendo bajo el símbolo *8-D*, el tiempo tipo es igual a 2,5 minutos, que confronta con el calculado arriba.

Cálculo de datos para la tabla XXV. Fresado mediante fresa múltiple.—Esta operación de fresado se ejecuta con una fresa múltiple; dado que se cortan dos lados a la vez, para el cuadrado se necesitan dos cortes y para el hexágono tres. La dirección del recorrido de la fresa al hacer el corte es desde el extremo hacia el soporte; por consiguiente, el tiempo de corte varía con *A* y es independiente de *B*, siempre que quede dentro del campo de los datos, esto es, que el diámetro del eje esté comprendido entre 12,7 y 41,2 mm.

El tiempo tipo total de la operación es igual al tiempo de manipulación *(TM)*, más el tiempo de corte *(M)*, más los suplementos. El tiempo de manipulación se saca directamente de la tabla XXIII y el tiempo de corte puede calcularse mediante la fórmula:

$$M = \frac{(L + R)\,N}{A}$$

siendo:

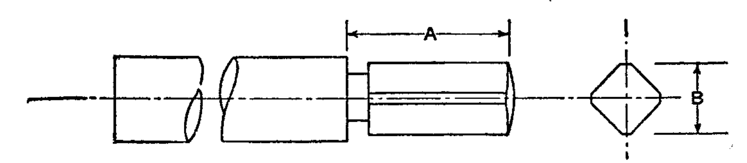
M = tiempo de corte en minutos.
L = longitud de corte = A.
R = retirada. Como la dirección del recorrido de la fresa múltiple es desde el extremo hasta el soporte, no se concede suplemento por retirada.
N = número de cortes por pieza.
  a) $N = 2$ para el cuadrado.
  b) $N = 3$ para el hexágono.
A = avance de la mesa en mm por minuto.

Ejemplo.—La operación es la de fresar un hexágono en el tornillo de ajuste de herramienta de la figura 256. La información que sigue se tomó del dibujo

TABLA XXIV.—TABLA DE FIJACIÓN DE TIEMPOS PARA FRESAR CUADRADOS Y HEXÁGONOS EN PERNOS, TORNILLOS Y EJES

Clase de máquina 36

Tabla de fresado 1 B



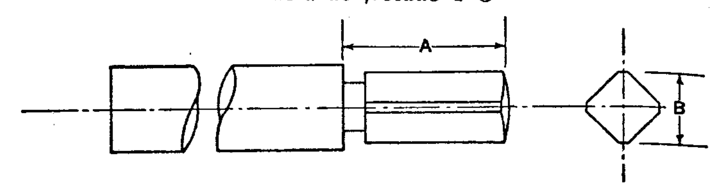
Caso 1.—Usando una fresa de 6 dientes (véase tabla 1 *C* para fresas múltiples)
Tiempo por pieza en minutos

Símbolo	*A* (Véase esquema)	*B* (Véase esquema)	Mandril de tres garras				Entre puntas				En el eje de roscar en el cabezal divisor			
			Cuadrado		Hexág.		Cuadrado		Hexág.		Cuadrado		Hexág.	
			Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92
			C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O
1	15,9 a 44,4 mm.	12,7	2,4	2,1	3,2	2,7	2,9	2,5	3,7	3,2	2,6	2,3	3,4	2,9
2		14,3	2,5	2,1	3,3	2,8	3,0	2,6	3,7	3,2	2,7	2,3	3,5	2,9
3		15,9	2,6	2,1	3,3	2,8	3,0	2,6	3,8	3,3	2,8	2,4	3,5	3,0
4		17,5	2,6	2,2	3,5	2,9	3,1	2,7	3,9	3,4	2,8	2,4	3,6	3,1
5		19,0	2,7	2,3	3,5	3,0	3,2	2,8	4,0	3,4	2,9	2,5	3,7	3,1
6		20,6	2,8	2,3	3,6	3,0	3,3	2,8	4,1	3,5	3,0	2,5	3,8	3,2
7		22,2	2,8	2,4	3,6	3,1	3,3	2,8	4,1	3,6	3,0	2,6	3,9	3,3
8		25,4	3,0	2,5	3,8	3,2	3,4	3,0	4,2	3,6	3,1	2,7	4,1	3,3
9		28,6	3,1	2,6	4,0	3,3	3,5	3,0	4,4	3,7	3,3	2,8	4,2	3,4
10		31,7	3,2	2,7	4,1	3,4	3,7	3,2	4,5	3,9	3,4	2,9	4,3	3,6
11		34,9	3,3	2,8	4,2	3,5	3,8	3,3	4,7	4,0	3,5	3,0	4,4	3,7
12		38,1	3,5	2,9	4,4	3,6	4,0	3,4	4,8	4,1	3,7	3,1	4,5	3,8
13		41,3	3,6	3,0	4,5	3,7	4,1	3,5	5,0	4,2	3,8	3,2	4,7	3,9

1. Los valores en esta tabla varían como *B*; por consiguiente, véase si *A* cae entre los límites 15,9 a 44,4 mm antes de utilizar los datos.
2. Estos tiempos tipo están basados en:
   a) Longitud de recorrido = *B* + retirada.
   b) Tiempo de manipulación de la tabla 1-A.
   c) Suplemento del 5 por 100.
3. Ejemplos para leer la tabla:
   a) Sea $B = 15{,}9$ mm, $A = 25{,}4$ mm; cuadrar la cabeza del eje, sostenido entre puntas, fresa de 6 dientes, avance 92 mm. Ya que *A* está entre los límites dados, puede aplicarse esta tabla. En la casilla *3-H* se lee el tiempo tipo = 2,6 minutos por pieza.
   b) Sea $B = 31{,}7$ mm, $A = 38{,}1$ mm; fresar un hexágono en el perno, sostenido en el eje de roscar en el cabezal divisor, fresa de 6 dientes, avance de 73 mm.
   Como *A* está entre los límites dados, puede aplicarse esta tabla. En la casilla 10-N se lee el tiempo tipo = 4,3 minutos por pieza.

TABLA XXV.—TABLA DE FIJACIÓN DE TIEMPOS PARA FRESAR CUADRADOS Y HEXÁGONOS EN PERNOS, TORNILLOS Y EJES

Clase de máquina 36
Tabla de fresado 1 C



Caso 2.—Usando fresas múltiples (véase 1 *B* para fresas de 6 dientes)
Tiempo por pieza en minutos

Símbolo	*A* (Véase esquema)	*B* (Véase esquema)	MANDRIL DE TRES GARRAS				EN EL EJE DE ROSCAR EN EL CABEZAL DIVISOR			
			Cuadrado		Hexág.		Cuadrado		Hexág.	
			Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92	Avance 73	Avance 92
			C	D	E	F	G	H	J	K
1	15,9	12,7 a 41,3 mm	1,05	0,95	1,35	1,2	1,15	1,10	1,5	1,4
2	17,5		1,10	1,0	1,40	1,25	1,25	1,15	1,6	1,4
3	19,0		1,15	1,05	1,5	1,25	1,35	1,20	1,7	1,5
4	20,6		1,20	1,05	1,6	1,30	1,35	1,25	1,7	1,5
5	22,2		1,20	1,10	1,6	1,35	1,40	1,25	1,8	1,6
6	23,8		1,25	1,15	1,7	1,45	1,45	1,30	1,8	1,7
7	25,4		1,35	1,20	1,8	1,50	1,50	1,35	1,9	1,7
8	26,9		1,35	1,20	1,9	1,5	1,6	1,35	2,0	1,8
9	28,6		1,40	1,25	1,9	1,6	1,6	1,40	2,1	1,8
10	30,2		1,45	1,30	2,0	1,7	1,7	1,45	2,2	1,9
11	31,7		1,50	1,30	2,1	1,8	1,7	1,5	2,2	2,0
12	34,9		1,60	1,40	2,2	1,9	1,8	1,6	2,4	2,1
13	38,1		1,7	1,45	2,3	2,0	1,9	1,6	2,5	2,2
14	41,3		1,8	1,6	2,5	2,1	2,0	1,7	2,6	2,3
15	44,4		1,9	1,6	2,6	2,2	2,1	1,8	2,7	2,4

1. Los valores en esta tabla varían como *A;* por consiguiente, véase si *B* cae dentro de los límites 12,7 a 41,3 mm antes de utilizar los datos.
2. Estos tiempos tipo están basados en:
   a) Longitud de recorrido = A.
   b) Tiempo de manipulación de la tabla 1-A.
   c) Suplemento del 5 por 100.
3. Ejemplos para leer la tabla:
   a) Sea *A* = 25,4 mm, *B* = 30,2 mm; cuadrar la cabeza de un perno, sostenido en mandril, fresa múltiple, avance 92 mm. Como *B* cae dentro de los límites dados, puede utilizarse esta tabla. En la casilla 7-*D* se lee el tiempo tipo = 1,20 minutos por pieza.
   b) Sea *A* = 26,9 mm, *B* = 14,68 mm; fresar la cabeza hexagonal de un tornillo de ajuste, sostenido en mandril, fresa múltiple, avance 92 mm. Como *B* cae dentro de los límites dados, puede aplicarse esta tabla. En la casilla 2-*F* se lee el tiempo tipo = 1,25 minutos por pieza.

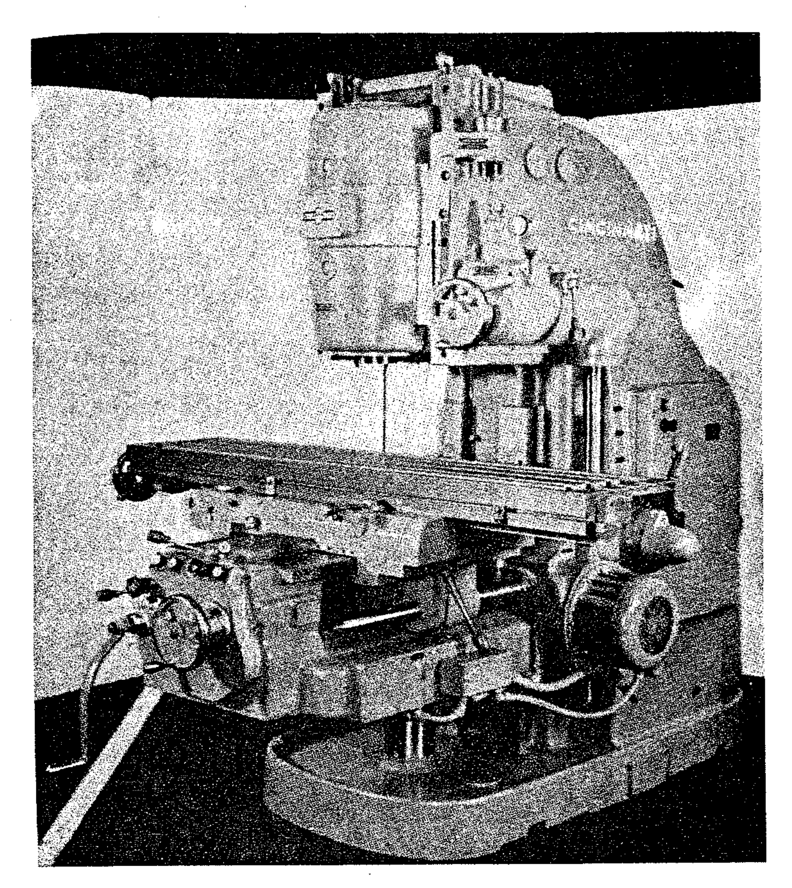


FIG. 257.—Fresadora vertical Cincinnati. (Reproducida con autorización de la Cincinnati Milling Machine Co.)

y de la hoja de operación (no presentada); *A* = 17,4 mm; *B* = 14,7 mm; fresa múltiple de 177,8 mm; acabado ordinario, 99 mm de avance por minuto; pieza sostenida en mandril de 3 garras.

Tiempo de manipulación, de la tabla XXIII = 0,59 minutos.

El tiempo de corte se calcula por la fórmula anterior.

$$M = \frac{(17,4 + 0)3}{92} = 0,569 \text{ minutos.} \qquad \begin{aligned} L &= 17,4 \text{ mm} \\ R &= 0 \\ N &= 3 \\ A &= 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

Por consiguiente, el tiempo total de la operación es:

	TM =	0,59
	M =	0,569
Tiempo normal total	=	1,159
5 por 100 de suplemento	=	0,058
Tiempo tipo total		1,217, utilizar 1,25 minutos.

Por último, con referencia a la tabla XXV, como se utiliza una fresa múltiple y B está comprendido dentro de los límites dados, se puede aplicar esta tabla. Leyendo bajo el símbolo 2-*F*, el tiempo tipo es igual a 1,25 minutos, que coincide con el calculado.

CAPITULO XXIX

USO DE TIEMPOS ELEMENTALES Y DE FORMULAS: TALLA DE ENGRANAJES, SOLDADURA DE CAJAS METALICAS

TIEMPOS TIPO PARA TALLA DE ENGRANAJES

El siguiente ejemplo sobre el uso de tiempos elementales y de fórmulas para la fijación de los tiempos tipo en la talla de engranajes demuestra cómo se pueden aplicar los principios que acabamos de explicar a trabajos bastante complicados. Los datos y el procedimiento dados aquí han sido utilizados continuamente, durante una serie de años, en una fábrica de máquinas-herramientas muy conocida y todavía sirven satisfactoriamente al mismo fin.

Aunque los datos se refieren a la talla de engranajes rectos y helicoidales, solo se darán aquí aquellos que pertenecen a la talla de los engranajes rectos. Los datos son aplicables a los engranajes rectos de "diametral pitch" comprendido entre 6 y 32 (1), de acero o fundición de hierro y con agujero redondo, cuadrado o ranurado. Se utilizaron máquinas de tallar engranajes Barber-Colman como la representada en la figura 258. El tamaño de los lotes de engranajes en bruto era pequeño.

Para mayor facilidad en la comprensión, se dan a continuación unas explicaciones, correspondientes a las tablas XXVI, XXVII y XXVIII.

Tabla XXVI. Tiempo de manipulación. Manipulación de la máquina.—El tiempo de manipulación de la máquina dependerá de la forma en que se tallen los engranajes. Se indican tres métodos diferentes. El tiempo necesario para sujetar y sacar los engranajes (tabla XXVII) es independiente del método de talla.

Tabla XXVII. Tiempo de manipulación. Sujetar y sacar las piezas.—Los datos muestran que el tiempo de sujetar y sacar los engranajes varía con los diferentes tipos de montaje.

Tabla XXVIII. Suplemento por entrada.—El suplemento por entrada necesario para el tallado en basto se determina de la misma

(1) Es sabida la relación: Módulo $= \dfrac{25{,}4}{\text{Diametral Pitch}}$ y, por tanto, se trata de módulos comprendidos entre 4,23 y 0,79. *(N. del T.)*

forma que para el fresado. Viene afectado por el diámetro de la fresa madre y por la profundidad del corte. Al comienzo y al final de la talla basta con un suplemento de 3 mm para el acabado.

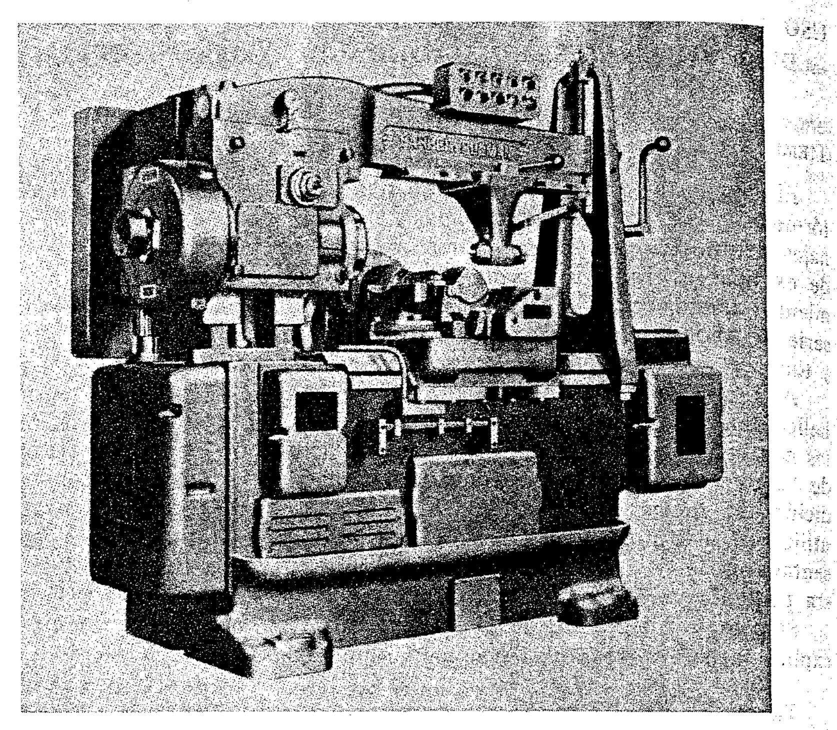


FIG. 258.—Máquina de tallar engranajes Barber-Colman.

Fórmula del tiempo de corte.

$$M = \frac{N \times L}{A \times V \times F}$$

en la que

M = tiempo de corte en minutos.
N = número de dientes.
L = longitud total del corte (longitud de la cara, más el suplemento por entrada).
A = avance en mm por revolución.
V = velocidad de la fresa madre en r.p.m.
F = adelanto de la fresa madre.
a) sencillo = 1.
b) doble = 2.

El tallado con fresa madre es una acción continua de corte por toda la cara del engranaje, desde el principio hasta el final del recorrido. Una revolución de la pieza avanza la fresa madre una distancia igual al avance.

1) $\frac{N \text{ (número de dientes)}}{F \text{ (adelanto de la fresa madre)}}$ = revoluciones de la fresa madre por revolución de la pieza.

2) $\frac{N/F \text{ (revol. de la fresa madre por rev. pieza)}}{V \text{ (velocidad de la fresa madre en r.p.m.)}}$ = tiempo en minutos por revolución de la pieza.

3) Como:

$\frac{L \text{ (long. total de la cara)}}{A \text{ (avance en mm por revol.)}}$ = número necesario de revoluciones de la pieza.

4) $M = \frac{N/F}{V} \times \frac{L}{A} = \frac{N \times L}{A \times V \times F}$

Ejemplo.—Se determinará el tiempo necesario para tallar un engranaje recto, a fin de mostrar cómo se aplican los datos y la fórmula. Se supone que se ha recibido un pedido de 24 engranajes de cambio de velocidades, como el mostrado en la figura 259. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1) Los datos siguientes se toman del plano del engranaje, según la figura 259: longitud de la cara, 1,005 pulgadas (25,5 mm); diametral pitch (D.P.), 16; número de dientes (N), 70; diámetro del agujero, 1,3125 pulgadas (33,5 mm); material, 4620; fresa madre HBG 573, engranaje recto.

2) Método de talla según la tabla XXIX. Tallado y rectificado de los dientes, 16 D. P., talla con fresa madre de doble paso.

3) Tiempo de preparación según la tabla XXX. Tiempo de preparación, 35,0 minutos.

4) Número de engranajes en cada montaje, según la tabla XXXI. Diámetro del agujero de 1 5/16 a 1 9/16 pulgadas (33,4 a 39,8 mm); longitud útil del eje, 6 pulgadas (152,4 mm); cara de 1 pulgada (25,4 mm); 6 engranajes en cada montaje.

5) Diámetro exterior de la fresa madre, según la tabla XXXII. Fresa madre HBG 573, diámetro exterior 2,5 pulgadas (63,4 mm).

6) Velocidad de la fresa, según la tabla XXIX. Talla de engranajes rectificados, D.P. 16, 204 r.p.m.

7) Avance, según la tabla XXIX. Tallado de engranajes rectos rectificados, D.P. = 16, avance de 0,05 pulgadas (1,27 mm) por revolución.

8) Suplemento por entrada, según la tabla XXVIII. D.P. = 16; diámetro exterior de la fresa madre, 2,50 pulgadas (63,4 mm) a 0,56 pulgadas (14,2 mm).

TABLA XXVI.—TIEMPOS DE MANIPULACIÓN PARA ENGRANAJES RECTOS EN LA TALLADORA BARBER COLMAN. MANIPULACIÓN DE LA MÁQUINA. (Tiempo en minutos.)

OPERACION	ENGRANAJES RECTOS			ENGRANAJES HELICOIDALES	
	Reg. fresa 1 corte	Reg. fresa 2 cortes	Comb. de talla de desbaste y acabado	1 corte	2 cortes
1. Avance del carro	0,08	0,08	0,08	0,25	0,25
2. Aflojar fresa madre	....	....	0,04	....	....
3. Ir hacia el lado basto de la fresa.	....	....	0,15	....	....
4. Fijar la fresa	....	....	0,04	....	....
5. Cambio de engranajes	....	....	0,05	....	....
6. Poner en marcha la máquina	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7. Talla	T	T	T	T	T
8. Soltar soportes de brazo superior [2]	0,04	0,04	....	0,04	0,04
9. Soltar soportes de portafresas [4]	0,06	0,06	....	0,06	0,06
10. Alzar pieza	0,03	....	....	0,03	0,03
11. Retroceder el carro	0,07	0,07	....	0,25	0,25
12. Bajar pieza a profundidad	....	0,08	....	....	0,08
13. Apretar soportes de portafresas [4]	0,08	0,08	....	0,08	0,08
14. Apretar soportes de brazo superior [2]	0,06	0,06	....	0,06	0,06
15. Avanzar el carro	....	0,08	....	....	....
16. Aflojar la fresa	....	....	0,04	....	....
17. Dar vuelta para acabar el lado de la fresa	....	....	0,15	....	....
18. Colocar fresa	....	....	0,25	....	....
19. Sujetar fresa	....	....	0,04	....	....
20. Cambiar engranajes	....	....	0,05	....	....
21. Poner en marcha la máquina.	....	0,02	0,02	....	0,02
22. Talla	....	T	T	....	T
23. Soltar soportes de brazo superior [2]	....	0,04	....	....	0,04
24. Aflojar soportes de portafresas [4]	....	0,06	....	....	0,06
25. Subir pieza...	....	0,03	....	....	0,03
26. Retroceder carro	....	0,07	0,07	....	0,25
27. Apretar soportes de portafresas [4]	....	0,08	....	....	0,08
28. Apretar soportes de brazo superior [2]	....	0,06	....	....	0,06
TIEMPO TIPO	0,44	0,93	1,00	0,79	1,41

T = Tiempo de tallado, en minutos.
NOTA: Aumentar 0,55 minutos para colocar la fresa en alineación con el chavetero, cuando sea necesario.

TABLA XXVII.—TIEMPOS DE MANIPULACIÓN PARA ENGRANAJES RECTOS EN LA TALLADORA BARBER COLMAN

Montaje y desmontaje de pieza

OPERACIONES	Tiempo en minutos	
	A	*B*
1. Colocar piezas en bruto	$0{,}05N$	$0{,}05N$
2. Colocar arandelas y eje de tuercas ...	0,23	....
3. Aceitar punta	0,10	0,10
4. Avanzar contrapunta	0,03	0,03
5. Apretar contrapunta	0,02	0,02
6. Apretar punta	0,04	0,04
7. Apretar eje portafresas	0,10	....
8. Colocar arandela y apretarla	....	0,08
9. Apretar barra en bruto	....	0,10
10. Aflojar eje portafresas	0,06	....
11. Aflojar barra en bruto	....	0,06
12. Aflojar contrapunta	0,02	0,02
13. Retroceder contrapunta	0,03	0,03
14. Quitar arandela de presión y arandelas.	....	0,06
15. Quitar eje portafresas y arandela	0,12	....
16. Quitar engranajes	0,09	0,09
TIEMPOS TIPO	$0{,}84 + 0{,}05N$	$0{,}63 + 0{,}05N$

A = eje de inmovilización de tuercas. Emplearlo para diámetros de eje de hasta 3,3 cm.
B = eje de avance. Se empleará para diámetros de eje superiores a 2,4 cm o más.
N = Número de piezas por montaje.

NOTA.—Aumentar 0,20 minutos para colocar chaveta, cuando sea necesario.

TABLA XXVIII.—SUPLEMENTOS POR ENTRADA

Diam. Pitch	Profundidad total	Diámetro exterior de la fresa																
		50,8	57,15	63,4	69,75	76,2	82,55	88,9	95,2	101,6	108	114,3	120,6	127	133,3	139,6	146	152,3
20	2,743	11,7	12,2	13	13,7	14,2	15	15,5	16	16,5	17							
16	3,429	12,7	13,7	14,2	15,2	15,7	16,5	17	17,8	18,5	18,8	19,8						
15	3,657	13,2	14	14,7	15,5	16,2	17	17,8	18,2	19	19,5	20	20,6					
14	3,912	13,4	14,5	15,2	16	16,7	17,5	18,2	18,8	19,3	20	20,6	21,3	21,6				
13	4,216	14	15	15,7	16,7	17,5	18,2	19	19,5	20,3	20,8	21,6	22	22,8	23,3			
12	4,572	14,5	15	16,5	17,2	18	18,8	19,5	20,3	21	21,8	22,3	23	23,6	24,4	25,1		
11	4,978	15	16,2	17	18	18,8	19,5	20,5	21,3	21,8	22,6	23,3	24	24,9	25,4	26,1	26,6	
10	5,486	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,5	21,5	22	22,8	23,8	24,1	25	25,9	26,4	26,9	27,6	28,4
9	6,096	16,5	17,8	18,8	19,8	20,8	21,5	22,6	23,3	24,1	24,9	25,6	26,4	27,2	27,9	28,4	29,2	29,7
8	6,856	17,2	18,5	19,8	20,8	21,8	22,8	23,6	24,6	25,4	26,4	27,2	27,9	28,7	29,4	30,2	31	31,7
7	7,645	18,2	19,5	20,8	21,8	22,8	24,1	24,9	26,1	26,9	27,9	28,9	29,7	30,2	31,2	31,7	33	33,5
6	9,144	19,3	20,8	22,3	23,6	24,6	25,9	26,9	28,1	29,2	30,2	30,9	32	32,7	33,8	34,5	35,3	36,3
5	10,973	20,8	22,6	24,1	25,4	26,7	27,9	29,2	30,5	31,5	32,5	33,5	34,8	35,5	36,5	37,5	38,3	39,3
4	13,716		24,3	26,1	27,6	29,2	30,7	32	33,5	34,8	35,8	37,3	38,3	39,4	40,6	41,6	43,4	43,7
3	18,288			26,7	30,7	32,5	34,2	36	37,6	39	40,4	41,9	43,2	44,7	45,7	47,2	48,2	49,5
2 1/2	21,920				32,2	34,5	36,5	38,3	39,4	41,6	43,4	44,9	46,5	48	49,5	50,8	52,3	53,6
2	27,406					36,5	38,8	41,1	43,2	45,2	47	49	50,5	52,3	53,8	55,3	57,1	58,6
1 1/3	31,292						40,1	42,7	44,9	47,2	49,3	51	52,8	54,8	56,6	58,4	59,9	61,7
1 1/2	36,525							43,7	46,5	48,8	51,0	53,3	55,6	57,6	58,9	61,4	63,5	65,3
1 1/4	43,840								47,5	50,5	53,3	55,6	58,1	58,4	62,7	63,5	67	69
1	53,788									50,5	54,1	57,4	60,2	63	65,8	68,5	70,8	73,4

TABLA XXVIII.—SUPLEMENTOS POR ENTRADA

Diam. Pitch	Profundidad total	Diámetro exterior de la fresa																
		50,8	57,15	63,4	69,75	76,2	82,55	88,9	95,2	101,6	108	114,3	120,6	127	133,3	139,6	146	152,3
20	2,743	11,7	12,2	13	13,7	14,2	15	15,5	16	16,5	17							
16	3,429	12,7	13,7	14,2	15,2	15,7	16,5	17	17,8	18,5	18,8	19,8						
15	3,657	13,2	14	14,7	15,5	16,2	17	17,8	18,2	19	19,5	20	20,6					
14	3,912	13,4	14,5	15,2	16	16,7	17,5	18,2	18,8	19,3	20	20,6	21,3	21,6				
13	4,216	14	15	15,7	16,7	17,5	18,2	19	19,5	20,3	20,8	21,6	22	22,8	23,3			
12	4,572	14,5	15	16,5	17,2	18	18,8	19,5	20,3	21	21,8	22,3	23	23,6	24,4	25,1		
11	4,978	15	16,2	17	18	18,8	19,5	20,5	21,3	21,8	22,6	23,3	24	24,9	25,4	26,1	26,6	
10	5,486	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,5	21,5	22	22,8	23,8	24,1	25	25,9	26,4	26,9	27,6	28,4
9	6,096	16,5	17,8	18,8	19,8	20,8	21,5	22,6	23,3	24,1	24,9	25,6	26,4	27,2	27,9	28,4	29,2	29,7
8	6,856	17,2	18,5	19,8	20,8	21,8	22,8	23,6	24,6	25,4	26,4	27,2	27,9	28,7	29,4	30,2	31	31,7
7	7,645	18,2	19,5	20,8	21,8	22,8	24,1	24,9	26,1	26,9	27,9	28,9	29,7	30,2	31,2	31,7	33	33,5
6	9,144	19,3	20,8	22,3	23,6	24,6	25,9	26,9	28,1	29,2	30,2	30,9	32	32,7	33,8	34,5	35,3	36,3
5	10,973	20,8	22,6	24,1	25,4	26,7	27,9	29,2	30,5	31,5	32,5	33,5	34,8	35,5	36,5	37,5	38,3	39,3
4	13,716		24,3	26,1	27,6	29,2	30,7	32	33,5	34,8	35,8	37,3	38,3	39,4	40,6	41,6	43,4	43,7
3	18,288			26,7	30,7	32,5	34,2	36	37,6	39	40,4	41,9	43,2	44,7	45,7	47,2	48,2	49,5
2 1/2	21,920				32,2	34,5	36,5	38,3	39,4	41,6	43,4	44,9	46,5	48	49,5	50,8	52,3	53,6
2	27,406					36,5	38,8	41,1	43,2	45,2	47	49	50,5	52,3	53,8	55,3	57,1	58,6
1 1/3	31,292						40,1	42,7	44,9	47,2	49,3	51	52,8	54,8	56,6	58,4	59,9	61,7
1 1/2	36,525							43,7	46,5	48,8	51,0	53,3	55,6	57,6	58,9	61,4	63,5	65,3
1 1/4	43,840								47,5	50,5	53,3	55,6	58,1	58,4	62,7	63,5	67	69
1	53,788									50,5	54,1	57,4	60,2	63	65,8	68,5	70,8	73,4

TABLA XXIX.—VELOCIDAD Y AVANCE DE LA MESA.—MÉTODO DE TALLA

Diam. Pitch	Velocidad de talla (metros / min)	Velocidad de la fresa madre (r.p.m.)	Avance (mm por vuelta)	Método de talla
Engranajes de mecanizado fino				
6-7	35,0	174	0,89	1 pasada, hélice sencilla
8-20	30,5	139	1,27	2 pasadas, hélice sencilla
20-32 incl.	27,5	103	1,27	2 pasadas, hélice sencilla
Engranajes rectos rectificados con muela				
16	45,5	204	1,27	1 pasada, hélice doble
20	48,5	204	1,27	1 pasada, hélice doble
32	51,5	240	1,14	1 pasada, hélice doble
Engranajes helicoidales rectificados con muela				
8	39,5	139	1,01	2 pasadas, hélice doble
10	36,5	150	1,01	1 pasada, hélice doble
12	33,5	150	1,01	1 pasada, hélice doble
24	30,5	150	1,01	1 pasada, hélice doble

TABLA XXX.—TIEMPOS DE PREPARACIÓN PARA ENGRANAJES RECTOS EN LA TALLADORA BARBER COLMAN

Máquinas: 183, 315, 531, 906, 908

Operaciones	Tiempo en minutos
1. Coger plano y calibre circular	2,0
2. Quitar fresa madre	1,0
3. Quitar eje	1,0
4. Tomar fresa madre y eje	3,0
5. Colocar fresa madre	3,0
6. Fijar el ángulo	1,0
7. Colocar eje	2,0
8. Ajustar eje...	2,0
9. Cambio de engranajes del plato divisor .	3,0
10. Cambio de engranajes de velocidad ...	1,0
11. Cambio de engranajes de avance	3,0
12. Comprobación de todos los engranajes .	2,0
13. Medida de dimensiones de la pieza y preparar para profundidad	2,0
14. Comprobación de plato divisor y del diámetro	7,0
15. Graduar dispositivos...	1,0
Tiempo tipo de preparación:	
Chaveteros	35,0
Engranajes rectos	35,0
Engranajes helicoidales	40,0
Tiempo tipo para cambio de fresa madre	10,0

TABLA XXXI.—NÚMERO DE ENGRANAJES POR MONTAJE

Diámetro del agujero (mm)	Longitud útil del eje (mm)
33,4 a 39,8	152,3
19,2 a 33,4	76,2
12,7 a 19,2	38,1

TABLA XXXII.—LISTA DE FRESAS MADRE

Núm. de la fresa	Diam. Pitch	Mano	Diámetro exterior (en mm)	Angulo de presión (grados)	Hélice
HB708	5	D	88,9	14 ½	S
HB550	5	D	101,6	20	S
HB710	6	D	82,55	14 ½	S
HB734	6	I	82,5	20	S
HB542	7	D	76,2	14 ½	S
HBS592	8	D	88,9	20	2
HBS593	8	I	88,9	20	2
HB712A	8	D	76,2	14 ½	S
HB737A	8	I	76,2	14 ½	S
HB713	9	D	76,2	14 ½	S
HBS586	10	D	76,2	20	2
HBS587	10	I	76,2	20	2
HBS590	10	D	69,7	20	S
HBS591	10	I	69,7	20	S
HB526	11	D	69,7	14 ½	S
HB744	12	D	69,7	20	S
HB745	12	D	76,2	20	2
HB605	12	D	69,7	14 ½	2
HB606	12	I	69,7	14 ½	2
HB571	13	I	69,7	20	S
HB716	14	D	63,4	14 ½	S
HBG573	16	D	63,4	14 ½	2
HBS597	16	D	69,7	20	2
HB742	16	D	63,4	14 ½	S
HB580	20	D	63,4	20	2
HB721	24	D	63,4	14 ½	2
HB746	24	I	63,4	14 ½	2
HBS608	30	D	69,7	20	S
HB579	32	D	69,7	20	2
HB701	48	D	47,8	14 ½	S

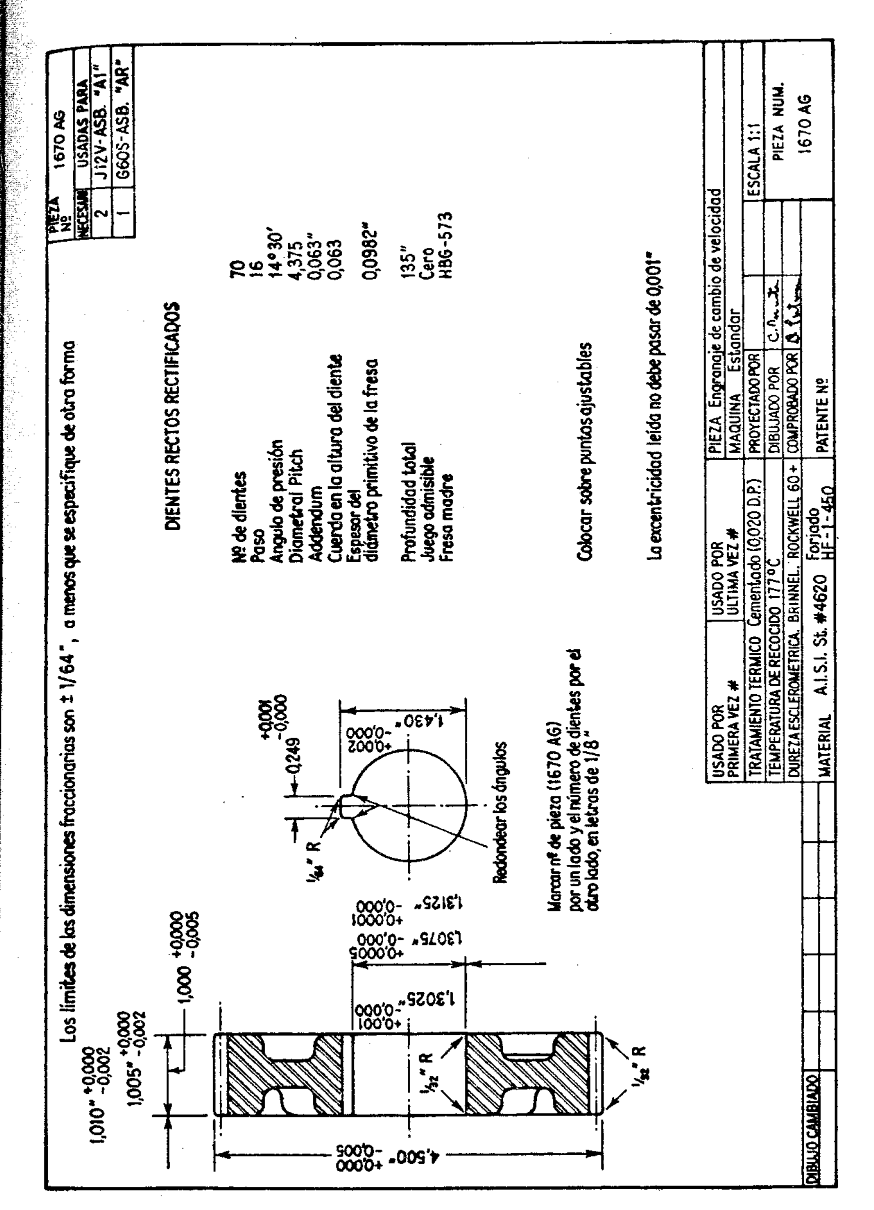


FIG. 259.—Dibujo de detalle de un engranaje

9) Cálculo del tiempo de talla, según la fórmula:

$$M = \frac{N \times L}{A \times V \times F} \qquad N = 70$$

$$L = (6 \times 25{,}5) + 14{,}2$$

$$M = \frac{70 \times (153 + 14{,}2)}{1{,}27 \times 204 \times 2} = \qquad A = 1{,}27$$

$$V = 204$$

$$= 22{,}61 \text{ minutos} \qquad F = 2$$

10) Determinación del tiempo total de manipulación:

Manipulación de máquina, según Tabla XXVI, columna 1 (engranajes rectos, fresa normal, 1 pasada) ...	0,44
Montaje y desmontaje de piezas, según Tabla XXVII, eje del tipo *A*, 0,84 + (6 × 0,05)	1,14
Tiempo total de manipulación	1,58 minutos

11) Determinación del tiempo tipo total:

Tiempo total de manipulación, para 6 engranajes	1,58
Tiempo total de talla, para 6 engranajes	22,61
Tiempo normal total para 6 engranajes	24,19 minutos

Suplementos:

5 % del tiempo de manipulación	0,08
5 % del tiempo de talla, hasta 20 minutos	1,00
Tiempo tipo total para 6 engranajes...	25,27 minutos
Tiempo tipo total para 1 engranaje	4,21 minutos

TIEMPOS TIPO PARA SOLDAR LAS COSTURAS LATERALES DEL CUERPO DE UNA CAJA METALICA

El tipo de caja rectangular mostrado en la figura 260 se fabrica para la exportación de instrumentos de dibujo y quirúrgicos. El tamaño de las cajas es generalmente pequeño y se fabrican 60 tamaños diferentes, desde un volumen de unos centímetros cúbicos hasta 30 dm cúbicos. La producción total de cajas de cualquiera de los tamaños no es lo suficientemente grande para justificar un equipo especial de fabricación de cajas.

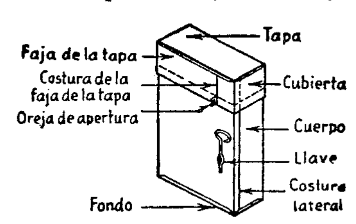


FIG. 260.—Caja rectangular para la exportación de instrumentos.

Operaciones en la fabricación de cajas.

En el cuerpo:

1) Cortar el cuerpo a la longitud y anchura debidas.
2) Hacer cuatro dobleces en la plegadora.
3) Soldar la costura lateral.

En la tapa:

1) Cortar la faja de la tapa a la longitud y anchura debidas.
2) Punzonar agujero en la oreja de apertura.
3) Marcar y hacer el corte para la extremidad libre de la oreja de apertura y plegar 90 grados.
4) Hacer el primer doblez en la plegadora.

En las partes superiores y fondos:

1) Cortar a la longitud y anchura debidas.
2) Hacer ingletes en las cuatro esquinas.
3) Plegar los cuatro lados.

Montaje:

1) Formar la faja de la tapa y soldar la costura de la misma.
2) Soldar la parte superior de la tapa, soldar el fondo del cuerpo y luego soldar la llave de apertura al cuerpo.
3) Inspeccionar, lavar y secar.

Como el fin principal de este ejemplo es ilustrar la aplicación de principios, aquí solo se considerará en detalle una de las operaciones que aparecen en la lista anterior. Esta operación es la de *soldar la costura lateral del cuerpo.*

Determinación del tiempo tipo para "soldar la costura lateral del cuerpo".—Para obtener los datos se encontró que el método más satisfactorio era el cronómetro, excepto para el elemento *soldar*, para el cual se utilizaron estudios de micromovimientos.

Definición de los elementos tipo para soldar la costura lateral.

1) Poner la pieza en posición en la varilla y aplicar fundente en la costura.
El tiempo comienza en el momento en que la mano deja una pieza recién terminada en la caja o depósito destinado a recibirlas.
El tiempo acaba cuando la mano termina la aplicación del fundente y comienza a moverse hacia el soldador, que se encuentra en el horno.

Fundente
Soldadura
Banco
Posición del operario
Horno
Solución para la limpieza
Barra
Caja
Caja

FIG. 261.—Disposición del lugar de trabajo para soldar cajas metálicas rectangulares.

2) Puntear (1) la costura y luego coger el sujetador y ponerlo en posición en la caja para sostener la costura en la posición debida.
El tiempo comienza cuando la mano empieza a ir hacia el soldador desde el elemento precedente.
El tiempo termina cuando la mano comienza a ir de nuevo hacia el soldador en el horno, después de poner el sujetador en posición.
3) Soldar la longitud total de la costura.
El tiempo comienza cuando la mano inicia el movimiento hacia el soldador en el horno.
El tiempo termina cuando la mano suelta el soldador, dejándolo en el horno.
4) Enjugar la costura con un paño húmedo y dejar la caja.
El tiempo comienza en el momento en que se deja el soldador en el horno.
El tiempo termina cuando la mano suelta la pieza o caja metálica en el depósito correspondiente.

Tiempo tipo para los elementos.

ELEMENTOS	Minutos para 100 cajas
1) Poner la pieza en posición en la varilla y aplicar el fundente en la costura	14,00
Este elemento es constante para todos los tamaños de cajas.	
2) Puntear la costura y luego coger el sujetador y ponerlo en posición en la caja para mantener los bordes unidos.	
a) Sin puntos [costuras inferiores a 7,60 cm de longitud]	0
b) Dos puntos por costura [costuras de 7,60 cm a 30,50 cm de longitud]	16,00
c) Tres puntos por costura [costuras desde 30,60 cm a 61 cm de longitud]	23,00

Si la costura es menor de 7,60 cm de longitud, no es necesario este elemento. Si la costura está comprendida entre 7,60 cm y 30,50 cm de longitud, se ha de puntear en dos sitios y fijarla con un sujetador especial antes de soldar. Si la costura está entre 30,60 cm y 61 cm de longitud, se la punteará en tres sitios y se fijará convenientemente. Los tiempos tipo se determinaron mediante estudios con cronómetro.

3) Soldar la longitud total de la costura.
El operario coge el soldador, lo mete en el bote de solución para la limpieza, toca con él la barra de estaño, lo lleva a la costura y conduce la punta del soldador a lo largo de la costura, soldándola hasta que se le acaba la provisión de estaño que lleva en la punta. Vuelve el soldador para aprovisionarlo de estaño y repite la operación de soldadura. Si se ha punteado la costura, se necesitarán menos contactos del soldador con la barra.
a) Coger el soldador, meterlo en la solución para la limpieza y dejarlo después en el horno = 0,08 minutos, constante por costura o serie de costuras. (Del estudio de micromovimientos.)

(1) Puntear es colocar una gota de soldadura en la costura para sostenerla en la posición correcta mientras se está soldando. Una costura larga requiere más puntos de unión que una costura corta.

b) Soldar la costura.
En el estudio de micromovimientos de soldar costuras de longitudes diversas se encontró que había una relación entre el tiempo en minutos para soldar una costura y la longitud de la costura en cm:
Tiempo para soldar = $L \times 0{,}0056$.
(L = longitud en cm de la costura que se ha de soldar.)
c) Tocar el estaño con el soldador y llevarlo a la costura = $N \times 0{,}04$ minutos.
(N = número de inmersiones necesarias para la costura. Tabla XXXIII).

4) Enjugar la costura con un paño húmedo y dejar la caja = 10,0 minutos por 100 cajas, constante para todos los tamaños de cajas.

Elementos auxiliares.

5) Manipulación de recipientes vacíos y llenos de cajas. Este tiempo varía con el tamaño de la caja.
Tiempo de manipulación para las cajas = $P \times 0{,}00036$ minutos.
(P = suma de la longitud, anchura y profundidad de la caja en cm.)
De estudios con cronómetro abarcando todo el día.
6) El limar, forjar y volver a estañar soldadores requiere 22 minutos por día de 480 minutos, o sea 4,6 por 100 del día. De estudios con cronómetro que abarcan la totalidad del día.

La suma de todos los elementos constantes.

ELEMENTOS	Minutos por 100 cajas
1) Poner la pieza en posición en la varilla y aplicar fundente a la costura	14,0
2) Puntear la costura y luego coger el sujetador y ponerlo en posición en la caja	
a)	0,0
b)	16,0
c)	23,0
3) Enjugar la costura con un paño húmedo y dejar la caja	10,0

TABLA XXXIII. VALORES DE N
(N = Número de toques del soldador con la barra por costura)

VALOR DE N	LONGITUDES DE COSTURA EN CENTIMETROS	
	Sin puntear	Punteados
1	0-15,2	0-25,4
2	15,3-30,5	25,5-50,8
3	30,6-45,7	50,9-76,3
4	45,8-61,0	
5	61,1-76,2	

(De estudios con cronómetro y de micromovimientos)

Fórmula para determinar el tiempo tipo.

$$\begin{bmatrix}\text{Tiempo tipo en}\\ \text{minutos para}\\ \text{100 cajas}\end{bmatrix} = 100 \left\{\begin{bmatrix}\text{Tiempo para}\\ \text{los elementos}\\ \text{constantes}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Tiempo para}\\ \text{soldadura}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Tiempo para}\\ \text{manipulación}\\ \text{de cajas}\end{bmatrix}\right\} + \begin{bmatrix}\text{Tiempo para}\\ \text{conservación}\\ \text{del soldador}\end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= 100 \;\{D + [0{,}08 + (L \times 0{,}0056 + (N \times 0{,}04)] + [P \times 0{,}00036]\} \\ &+ \;\;4{,}6 \;\{D + [0{,}08 + (L \times 0{,}0056 + (N \times 0{,}04)] + [P \times 0{,}00036]\} \\ &= 104{,}6 \;\{D + [0{,}08 + (L \times 0{,}0056 + (N \times 0{,}04)] + [P \times 0{,}00036]\}\end{aligned}$$

en donde:

L = longitud en centímetros de la costura que se ha de soldar.
N = número de inmersiones necesarias para completar la costura (de la tabla XXXIII).
P = suma de la longitud, anchura y profundidad del bote en centímetros.
D = suma de todas las constantes (de la tabla XXXIV).

TABLA XXXIV.—VALORES DE D

(D = Suma de todos los elementos constantes)

Valores de D en minutos por caja	Longitudes de costura en cm	Número de puntos
0,24	Inferior a 7,6	0
0,40	7,6-30,5	2
0,47	30,6-61,0	3

Aplicación de la fórmula.

La caja 439 tiene las dimensiones siguientes:
Longitud, 21,9 cm; anchura, 1,9 cm; profundidad, 25,7 cm.

En este caso se tiene:

$$L = 25{,}7;\; N = 2{,}0;\; P = 49{,}5;\; D = 0{,}40.$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula, tendremos:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo tipo} &= 104{,}6 \;\{(0{,}40 + 0{,}08) + (25{,}7 \times 0{,}0056) + (2 \times 0{,}04) + (49{,}5 \times 0{,}00036)\} \\ &= 104{,}6 \;(0{,}40 + 0{,}08 + 0{,}144 + 0{,}08 + 0{,}0178). \\ &= 104{,}6 \times 0{,}7218 = 75{,}5. \text{ Usar 76 minutos.}\end{aligned}$$

Aunque se ha explicado con cierto detalle el método para preparar la fórmula de determinación del tiempo tipo para soldar la costura lateral, no es necesario seguir este largo procedimiento para cada nuevo lote o para cada tamaño nuevo de caja. Esta fórmula puede aplicarse a la operación de *soldar costura lateral* de todas las cajas rectangulares de cualquier tamaño, siempre que caigan dentro del campo comprendido en los estudios. En efecto, ni siquiera se necesita la fórmula, puesto que se han confeccionado unas tablas con el resultado de los cálculos de esta, a partir de las cuales es fácil determinar el

tiempo tipo para las operaciones de soldadura en cajas de cualquier tamaño. Estas tablas son muy fáciles de utilizar.

Resultados.—Antes de normalizar la disposición del lugar de trabajo y el método de fabricación de las cajas, se fijaban todos los tiempos tipo mediante estudios de tiempos. Como solo se habían estudiado algunos tamaños de cajas, la mayor parte de este trabajo no tenía primas por rendimiento.

Una vez terminado el programa de normalización y el cálculo de las tablas para la fijación de los tiempos tipo, fue posible determinar los tiempos tipo rápidamente para las operaciones de soldadura de cajas de cualquier tamaño.

La disminución de los costes de mano de obra, resultantes del perfeccionamiento de los métodos y de la aplicación de los tiempos tipo y primas por rendimiento a las operaciones de soldadura en la fabricación de cajas, dio por resultado el ahorro de unos 4.000 hombres-hora anuales de mano de obra directa. Para completar el estudio de movimientos y tiempos en este proyecto, el analista necesitó un total de quinientas diez horas.

CAPITULO XXX

DETERMINACION DE TIEMPOS TIPO PARA TRABAJOS DE TROQUEL Y HERRAMIENTAS

De todas las operaciones industriales, el trabajo de la sala de herramientas es uno de los más difíciles de normalizar y remunerar por rendimiento. Esto se debe a que la fabricación de herramientas y troqueles requiere un grado de exactitud muy elevado y el trabajo no es repetitivo, ya que solo en contadas ocasiones se requiere más de una herramienta de un diseño dado. Para este trabajo se necesitan constructores de troqueles muy hábiles y, en algunas operaciones, además del trabajo a máquina, se necesita una gran cantidad de limado, escariado y ajuste a mano. Sin embargo, aunque parezca que no hay dos herramientas iguales, todas las herramientas de una clase dada tienen piezas similares y cada una de estas requiere operaciones análogas en su fabricación. La variación en el tiempo requerido para hacer la misma operación en piezas similares se debe a las diferentes características de la pieza estudiada, tales como su tamaño y clase de material. Aquí, como en los capítulos precedentes, se puede dividir cada operación en aquellos elementos que permanecen constantes y aquellos otros que varían con el tamaño, forma u otras características de la pieza.

La materia presentada en este capítulo está tomada de un notable trabajo realizado por Floyd R. Spencer para normalizar el trabajo de troquel y herramientas en una gran fábrica. En él se incluye la recopilación de datos de tiempos elementales y la construcción de diagramas y fórmulas para la determinación de los tiempos tipo.

Utilizando estas normas se instaló un sistema de primas por rendimiento que redujo considerablemente el coste del trabajo. Los operarios tenían confianza en este método de fijación de tiempos tipo y lo creían superior al método poco preciso de *estimar* el tiempo en esta clase de trabajo, empleado en la mayor parte de los servicios de herramientas. El plan de primas, basado en estos tiempos tipo, permite a estos operarios ganar jornales muy superiores a los de antaño.

El tiempo necesario para determinar los tiempos tipos por medio de diagramas, curvas y fórmulas es de una cuarta parte a la mitad del tiempo que se necesitaba anteriormente. Así, p. ej., se requieren de tres a cinco minutos para fijar el tiempo tipo de todas las operaciones necesarias para hacer el troquel representado en las figuras 262 y 263, mientras que se emplearían de diez a quince minutos para *estimar*

el tiempo por el procedimiento antiguo. En la actualidad, una persona determina los tiempos tipo para un departamento que emplea a 125 operarios en la construcción de herramientas, mientras que en la mayor parte de los talleres se necesita un tasador para cada 30 operarios.

Tipos de troqueles.—Los diversos tipos de troqueles para los cuales hay disponibles datos de tiempos tipo son de:

1) Troquelado sencillo.
2) Troquelado compuesto y punzonado.
3) Punzonador sencillo y múltiple.
4) Cizalla.
5) Troquelar y embutir.
6) Formar.
7) Varios.

Troqueles sencillos.—Esta clase de troqueles (como el representado en la figura 262) se utilizará como ejemplo por su sencillez y uso general, con una explicación del método utilizado al clasificar todo el trabajo de troquelado, la forma en que se establecieron los datos de tiempos elementales, los diagramas y las fórmulas y, finalmente, exponiendo un caso específico para mostrar cómo se establece el tiempo tipo para la fabricación de un troquel particular.

El taller en que se aplican estos datos emplea normalmente a 125 constructores de herramientas y sirve a una fábrica de 4.000 a 5.000 obreros. Los productos manufacturados son de clase muy diversa y de tamaño relativamente pequeño.

El primer paso al establecer un método para la fijación de tiempos tipo en la fabricación de troqueles de punzonado fue el clasificar todos los troquelados que se fabricarían normalmente con este tipo de troquel. Una investigación sobre toda esta clase de trabajo condujo a la clasificación general siguiente:

1) Troquelados redondos.
2) Troquelados cuadrados o rectangulares.
3) Troquelados de otras formas.

Estas clasificaciones generales de piezas con bordes redondos o rectangulares ha de subdividirse según las muescas o salientes. En general, para los salientes o muescas es aconsejable utilizar suplementos, en el taco y punzón (véanse Figs. 262 y 263) para los salientes y en la matriz para las muescas. Estos suplementos se utilizan debido al poco coste de reparación en caso de rotura de los salientes. En la tabla XXXV se da una clasificación completa de los troquelados.

Es costumbre comprar los juegos de troqueles a fabricantes es-

pecializados en la manufactura de estas piezas. El juego de troquel consta de dos partes, como muestran las figuras 262 y 263: el soporte del punzón, pieza 1*A* y el soporte de la matriz, pieza 1*B*. En la tabla XXXVI se da la clasificación de los juegos de troqueles.

Partes del troquel.—El principio del troquel es muy sencillo: la

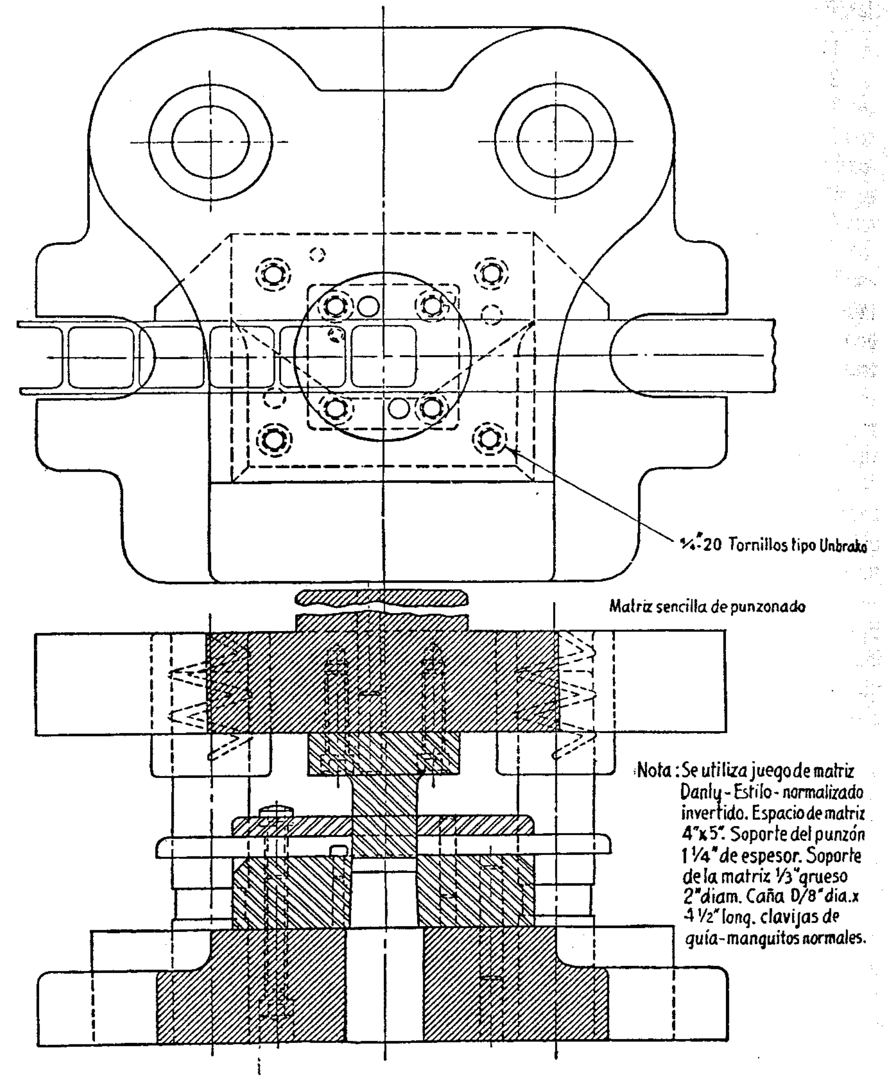


FIG. 262.—Matriz sencilla de punzonado.

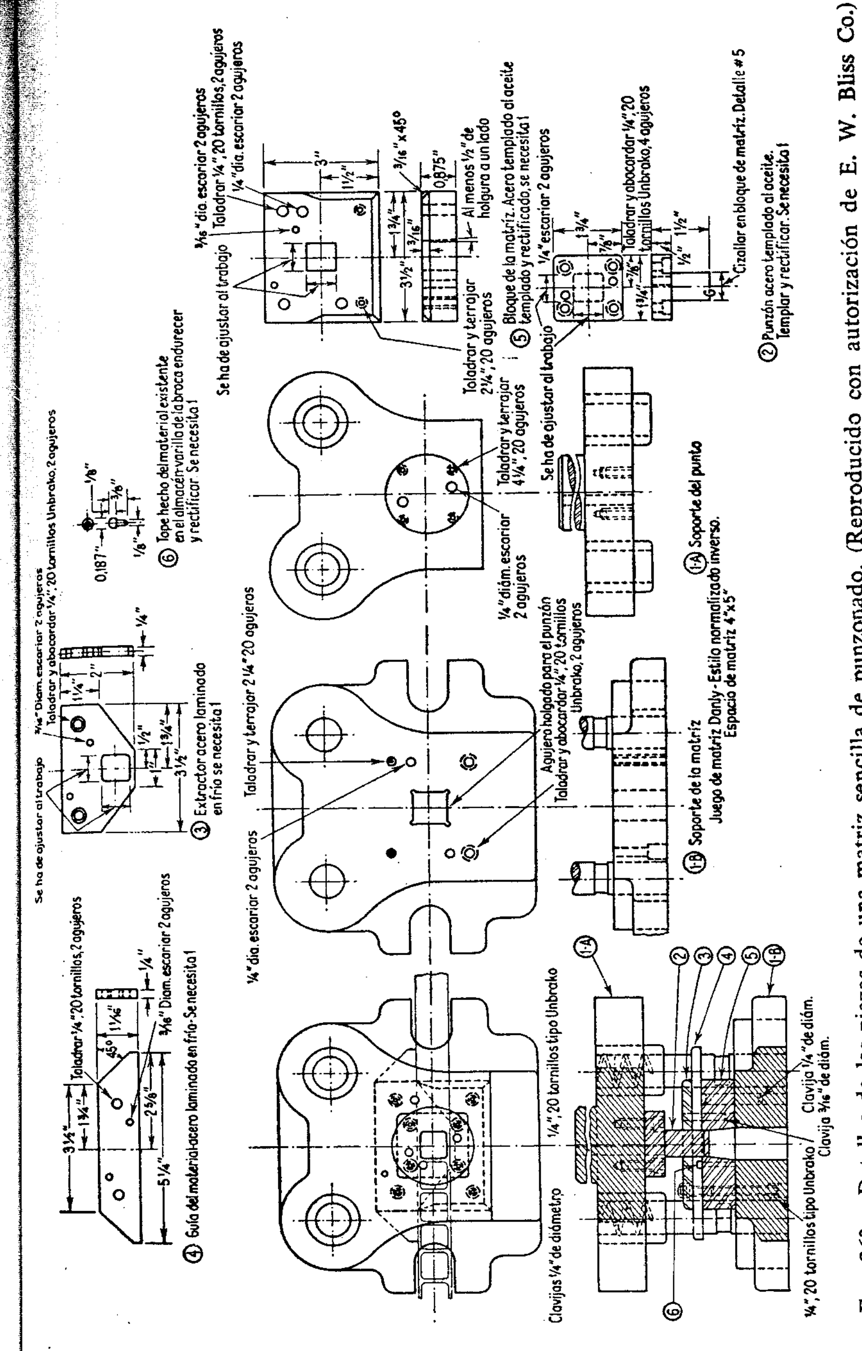


FIG. 263.—Detalles de las piezas de una matriz sencilla de punzonado. (Reproducido con autorización de E. W. Bliss Co.)

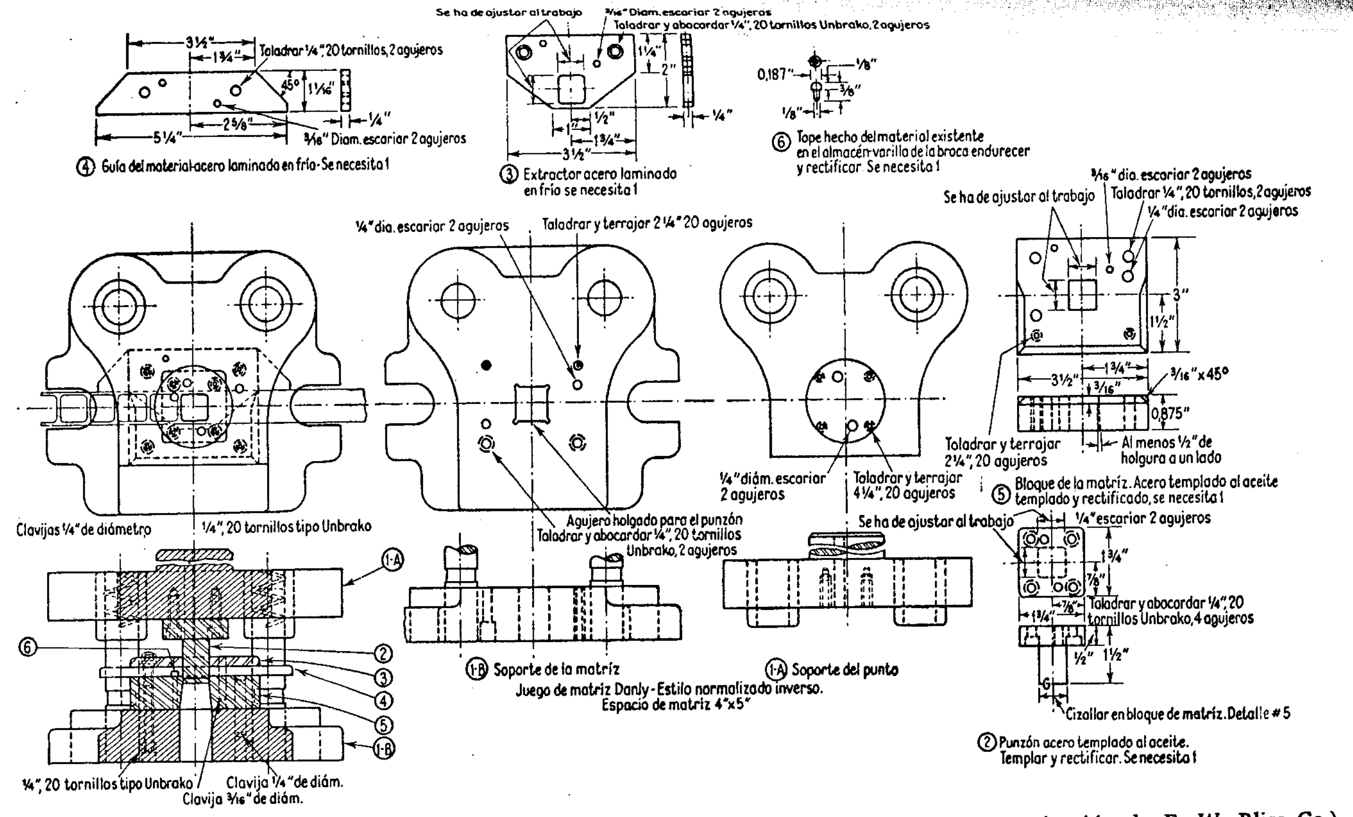


FIG. 263.—Detalles de las piezas de una matriz sencilla de punzonado. (Reproducido con autorización de E. W. Bliss Co.)

TABLA XXXV.—CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO EN MATRICES SENCILLAS DE PUNZONADO

CLASIFICACION	NUMERO 1	NUMERO 2	NUMERO 3	
Forma del punzón	Punzonados redondos	Punzonados cuadrados o rectangulares	Todos los punzonados de otras formas	
	Redondo ...... Redondo con muescas ...... Redondo con salientes	Sencillo ...... Con muescas. Con salientes.	*a)* Punzonados cuyos bordes están formados por curvas suaves y líneas rectas o por una combinación de las dos clasificaciones primeras.	*b)* Punzonados cuyos bordes son muy irregulares y no tienen ninguna semejanza con los de bordes redondos o rectos.
Tamaño del punzonado	12,7 a 101 mm.	9,5 × 38,1 mm. a 140 × × 178 mm.	Límites iguales a los de las *clasificaciones núms. 1 y 2.*	

TABLA XXXV.—CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO EN MATRICES SENCILLAS DE PUNZONADO

CLASIFICACION	NUMERO 1	NUMERO 2	NUMERO 3	
Forma del punzón	Punzonados redondos	Punzonados cuadrados o rectangulares	Todos los punzonados de otras formas	
	Redondo	Sencillo	*a)* Punzonados cuyos bordes están formados por curvas suaves y líneas rectas o por una combinación de las dos clasificaciones primeras.	*b)* Punzonados cuyos bordes son muy irregulares y no tienen ninguna semejanza con los de bordes redondos o rectos.
	Redondo con muescas	Con muescas.		
	Redondo con salientes	Con salientes.		
Tamaño del punzonado	12,7 a 101 mm.	9,5 × 38,1 mm. a 140 × × 178 mm.	Límites iguales a los de las clasificaciones núms. 1 y 2.	

tira u hoja metálica avanza de derecha a izquierda, como muestra la figura 262. El punzón tiene la forma del troquelado que se va a hacer; se mueve hacia abajo accionado por la prensa y troquela una pieza, forzándola a través del bloque de la matriz. El extractor quita el material del punzón al regresar este a su posición normal.

TABLA XXXVI.—JUEGOS DE MATRICES CLASIFICADOS POR TAMAÑOS

Tamaño en mm

Símbolo	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Tamaño máximo. Punzonado redondo..........	34,9	47,6	60,3	79,4	98,4	107,4	127	152,4
Tamaño máximo. Punzonado rectangular........	9,5 x 38,1	12,7 x 50,8	28,6x60,3	57,5x82,5	76,2x101,6	107,9 x 107,9	114,3 x 171,8	139,7 x 177,8

La figura 262 muestra un dibujo de un troquel sencillo montado, y la figura 263 presenta las partes componentes del mismo. A continuación se da una lista de todas las partes de este troquel:

1A. Soporte del punzón } Juego de troquel (comprado).
1B. Soporte de la matriz. }
2. Punzón.
3. Extractor.
4. Guía del material.
5. Bloque de la matriz.
6. Clavija de tope del material (pieza normalizada).

Operaciones en el soporte del punzón. Pieza 1A.—Aunque se compraron los juegos de troqueles, compuestos de soporte de punzón y soporte de matriz, se ejecutaron las siguientes operaciones en estas piezas:

Operación 1.—Preparar fresa, fresar vástago a la altura debida.
Operación 2.—Trazar, taladrar, roscar los agujeros de los tornillos, taladrar y escariar para las espigas.

El siguiente paso fue determinar las variables o factores básicos que regulan el tiempo requerido para cada operación y el porcentaje de tiempo total controlado por cada factor:

	Porcentajes
Operación 1.—Tamaño y peso del soporte del punzón	100
Operación 2.—Número de tornillos y agujeros de las espigas	85
Tamaño y peso del soporte del punzón	15

En el taller de herramientas se llevaron a cabo algunos estudios sobre las operaciones necesarias para labrar el soporte del punzón. Se tomaron datos para muchos tamaños y pesos diferentes y, finalmente, después de ensayar y comprobar su exactitud, se recopilaron estos datos, para usarlos convenientemente (tablas XXXVII y XXXVIII).

Operaciones en el bloque de la matriz. Parte 5.—Posiblemente sea el bloque de la matriz la parte más importante de la herramienta, por lo que se ha de hacer con mucha exactitud, a fin de que los troquelados salgan con todos los requisitos exigidos por la producción. Se adoptó el procedimiento siguiente para determinar los tiempos tipo en la fabricación del bloque de la matriz.

1. Se hizo una lista de todas las variables o factores reguladores que afectarían en cualquier forma el tiempo necesario para hacer el bloque de la matriz. Fueron los siguientes:

a) Longitud del borde del troquelado.
b) Número de ángulos internos.
c) Número de lados (longitud igual o superior a 6,3 mm).
d) Número de radios.
e) Curvas del troquelado, cuyos centros están fuera del mismo.
f) Especificaciones del material a troquelar.

2. Se hizo una lista de las operaciones que debía efectuar el constructor de la herramienta para hacer el bloque de la matriz y se anotaron los factores que afectaban al tiempo requerido (véase tabla XXXIX).

3. Se determinaron tiempos tipo para cada operación cubriendo la totalidad del intervalo de los factores reguladores. Esto constituía una tarea mucho más difícil que la determinación de los tiempos tipo para la fabricación del soporte del punzón, porque en la manufactura del bloque de matriz entran muchas más variables. Se estudiaron aproximadamente unos 100 bloques de matriz de todas las formas concebibles y se necesitó un período de tiempo considerable para obtener y clasificar estos datos y para establecer las relaciones correctas.

Curvas para la fijación de tiempos tipo para la operación 4.—De las siete operaciones necesarias para hacer el bloque de la matriz, la más interesante, desde el punto de vista ilustrativo, es la operación 4, *labrar la forma en el bloque*. Los cinco factores o variables que regulan el tiempo necesario para ejecutar esta operación están expuestos en la tabla XXXIX. Las curvas de la figura 264 muestran la relación entre las variables y el tiempo necesario. Estos datos se dan también en la tabla XL.

TABLA XXXVII.—FACTOR REGULADOR. TAMAÑO DEL JUEGO DE MATRICES NECESARIO PARA PUNZONAR LA PIEZA

Tiempo en horas

Operación núm	Porcentaje de tiempo controlado por el factor	SIMBOLO DEL TAMAÑO DE LAS MATRICES COMPRADAS							
		B1	*B2*	*B3*	*B4*	*B5*	*B6*	*B7*	*B8*
1	100	0,70	0,75	0,78	0,80	0,88	0,96	1,08	1,22
2	15	0,10	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,44	0,50

TABLA XXXVIII.—FACTOR REGULADOR. NÚMERO DE TORNILLOS Y CLAVIJAS

Tiempo en horas

Operación núm.	Porcentaje de tiempo controlado por el factor	3 tornillos 2 clavijas	4 tornillos 2 clavijas	6 tornillos 2 clavijas	8 tornillos 3 clavijas	12 tornillos 4 clavijas	14 tornillos 6 clavijas	18 tornillos 8 clavijas	20 tornillos 10 clavijas
2	85	0,50	0,65	0,85	1,10	1,39	1,70	2,10	2,30

TABLA XXXVII.—FACTOR REGULADOR. TAMAÑO DEL JUEGO DE MATRICES NECESARIO PARA PUNZONAR LA PIEZA

Tiempo en horas

Operación núm	Porcentaje de tiempo controlado por el factor	SIMBOLO DEL TAMAÑO DE LAS MATRICES COMPRADAS							
		B1	*B2*	*B3*	*B4*	*B5*	*B6*	*B7*	*B8*
1	100	0,70	0,75	0,78	0,80	0,88	0,96	1,08	1,22
2	15	0,10	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,44	0,50

TABLA XXXVIII.—FACTOR REGULADOR. NÚMERO DE TORNILLOS Y CLAVIJAS

Tiempo en horas

Operación núm.	Porcentaje de tiempo controlado por el factor	3 tornillos 2 clavijas	4 tornillos 2 clavijas	6 tornillos 2 clavijas	8 tornillos 3 clavijas	12 tornillos 4 clavijas	14 tornillos 6 clavijas	18 tornillos 8 clavijas	20 tornillos 10 clavijas
2	85	0,50	0,65	0,85	1,10	1,39	1,70	2,10	2,30

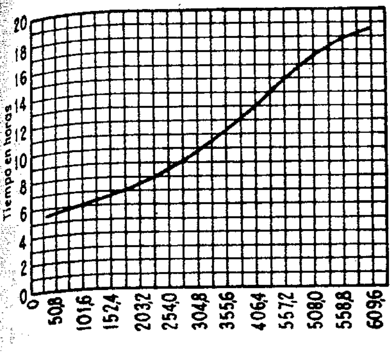
TABLA XXXIX.—OPERACIONES Y FACTORES REGULADORES PARA LOS BLOQUES DE LAS MATRICES. PIEZA 5

Operación núm.	OPERACIÓN	FACTOR REGULADOR
1	Cortar	*a)* Graduación del material. *b)* Tamaño de la pieza.
2	Labrar a tamaño. Rectificar completamente	*a)* Graduación del material. *b)* Tamaño de la pieza.
3	Trazar la forma en la superficie del bloque	*a)* Longitud del contorno. *b)* Número de ángulos interiores. *c)* Número de lados. *d)* Número de radios. *e)* Número de curvas con centros exteriores al punzonado.
4	Labrar la forma en el bloque.	*a)* Factores iguales que para la operación 3.
5	Taladrar y roscar los agujeros para los tornillos, taladrar y escariar los agujeros para las clavijas	*a)* Número de agujeros de tornillos y clavijas. *b)* Tamaño de los agujeros.
6	Templar	*a)* Graduación del material.
7	Rectificar	*a)* Graduación del material. *b)* Tamaño de la pieza.

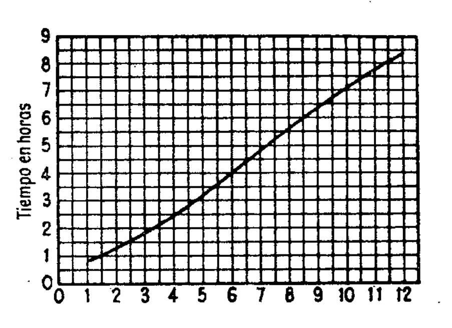
Ejemplo.—Para determinar el tiempo necesario para ejecutar la operación 4, *labrar la forma en el bloque,* para el troquelado representado en la figura 265, el procedimiento a seguir es el que se da a continuación:

		Curva (figura núm.)	Tiempo tipo (en horas)
a) Contorno en mm (1)	273	264 *a*	9,00
b) Angulos internos	4	264 *b*	2,50
c) Número de lados	12	264 *c*	5,00
d) Número de radios...	6	264 *d*	1,75
e) Número de curvas con centros exteriores	0	—	—
Tiempo tipo total en horas para la operación	4	—	18,25

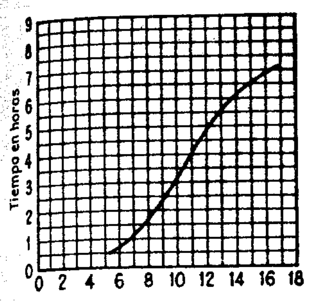
(1) El contorno de los troqueles irregulares se determina por medio de un curvímetro, sencillo instrumento que lee directamente la distancia en mm.



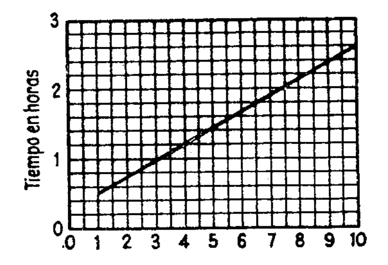
A. Longitud del contorno de punzonado, en mm.



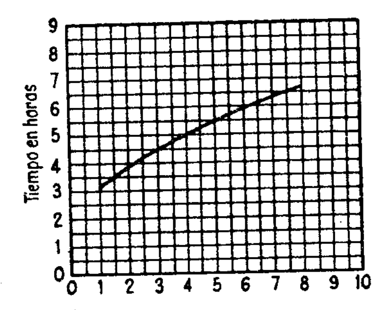
B. Número de ángulos internos de 90° o menos.



C. Número de lados de 6,3 mm o más.



D. Número de radios.



E. Número de curvas con centros exteriores al punzonado.

FIG. 264.—Curvas para fijar los tiempos tipo para la operación 4 en la pieza 5, "labrar la forma en el bloque". Matriz sencilla de punzonado.

TABLA XL.—TIEMPO TIPO PARA EJECUTAR LA OPERACIÓN 4
Labrar la forma en el bloque de la matriz
Tiempo en horas

a) Contorno en mm	25	76	152	254	505	356	457	508	610
Tiempo...	5,5	5,9	6,9	8,5	9,6	11,3	15,0	16,7	18,7
b) Angulos internos, 90° o menos	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Tiempo...	0,8	1,2	1,75	2,6	3,3	4,1	5,6	7,1	8,4
c) Número de lados (longitud, 6 mm o más)	5	6	7	8	9	10	12	14	16
Tiempo...	0,5	0,7	1,1	1,7	2,3	3,3	4,9	6,2	6,9
d) Número de radios	1	2	3	4	5	6	8	10	
Tiempo...	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1	2,6	
e) Número de curvas, centros exteriores	1	2	3	4	5	6	7	8	
Tiempo...	3,0	3,8	4,5	5,0	5,5	5,9	6,3	6,7	

Las curvas normalizadas mostradas en la figura 264 cubren todas las combinaciones posibles de contorno y tamaño relativas a la operación 4. Por falta de espacio no se pueden incluir las curvas y los datos para las otras operaciones en el bloque de la matriz. Se siguió el mismo procedimiento no solo para el resto de las operaciones del bloque de la matriz, sino también para todas las operaciones en las demás piezas del troquel.

FIG. 265.—Forma del punzonado: *A*, ángulos internos; *R*, radios, y *S*, lados.

De forma análoga se obtuvieron datos elementales, diagramas, curvas y fórmulas para las siete clases de troqueles a que se hace referencia en la página 469.

Clasificación de calidad.—Es necesario mostrar cómo influye la calidad de la herramienta en la determinación del tiempo tipo de fabricación del troquel. Los requisitos de calidad para un troquel dependen de los factores siguientes:

1. Presentación del producto.
2. Requisitos de producción del producto.
3. Uso del producto.
4. Función de las piezas producidas.
5. Factores de coste de los productos.

Un estudio de los factores reseñados dio por resultado el establecimiento de la clasificación de calidad siguiente:

Clase C.—Lectura de las curvas y diagramas, directamente.
Clase B.—Lectura de las curvas y diagramas multiplicadas por 112 por 100.
Clase A.—Lectura de las curvas y diagramas multiplicadas por 130 por 100.

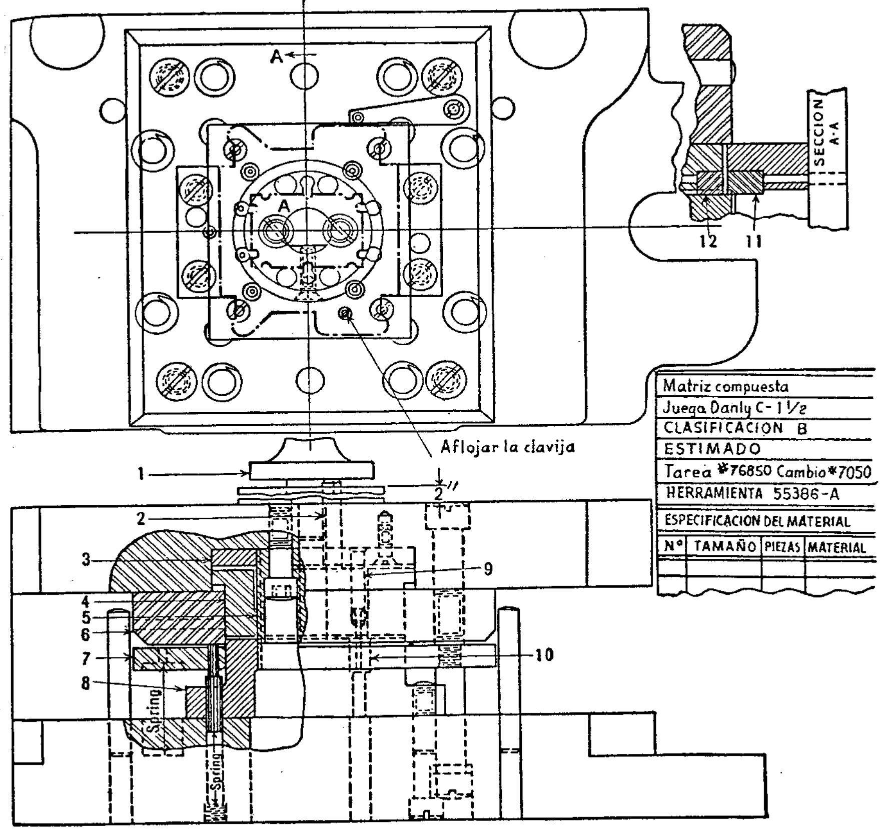


FIG. 266.—Matriz compuesta de corte y perforación.

TABLA XLI.—PIEZAS DE PUNZÓN Y MATRIZ. BASE DE LAS CURVAS DE FIJACIÓN DE TIEMPOS

Matrices compuestas. Punzonar y perforar. Clase 2

Punzonados con lados rectos o curvas suaves

Diagrama número	Pieza de punzón y matriz	Base del diagrama (abscisas)
20-21-22	Taco, punzón de corte, extractor, placa de molde.	Contorno en mm. Número de lados con ángulos de 90° o menores.
5-7-13	Soporte de la matriz, soporte del punzón, trabajo de montaje, temple y varios.	Tamaño del juego de matriz.
8	Perforadores:	
	A. Redondos.	*A*. Diámetro del perforador.
	B. Cuadrados y rectangulares.	*B*. Contorno del perforador.
	C. De forma irregular.	*C*. Contorno del material en basto. Número de ángulos. Contorno del perforador. Longitud de las ranuras.
10	Pasar los agujeros centrales por el taco y punzón, no centrar.	Diámetro del perforador.
11	Pasar los agujeros cuadrados, cuadrados con muescas y salientes y de forma diversa por el taco, punzón, soporte de la matriz.	Contorno del perforador. Número de ángulos. Número de curvas. Número de salientes. Longitud de la ranura, de 3,17 mm de anchura o menos.
12	Manguitos.	Diámetro del perforador. Número necesario.
13	Curvas menores.	Número de curvas que requieren limado adicional.
13 *A*	Radios internos.	Número de radios que requieren limado adicional.
14	Salientes y muescas en el punzón de corte o de perforación (con o sin incrustaciones).	Número de salientes o muescas.
14 *A*	Salientes y muescas (continuos).	Longitud del contorno para el material sacado.

La clasificación de los diversos troqueles y matrices se decide antes de proyectarlos y se anota la clasificación en los dibujos en el momento de hacerlos.

La aplicación de primas por rendimiento.—Como, por lo general, se requiere una serie de operaciones para la fabricación de las piezas de una punzonadora, se proyectan a la vez los diferentes troqueles necesarios para hacer una pieza por completo. Se acostumbra proyectar cada herramienta montada, mostrando la construcción de la

TABLA XLII.—CÁLCULO DE LOS TIEMPOS TIPO PARA PUNZÓN Y MATRIZ DE CORTE Y PERFORACIÓN

Matriz compuesta de la figura 266

Diagrama número	Información necesaria	Información aplicable a la matriz de la Fig. 266	Lectura de las curvas. Tiempo tipo en horas
20 y 21	Contorno del punzonado	273 mm	34
22	Número de lados...	18	17 3/4
	Angulos exteriores, 90° o menos	6	4 3/4
5-7-13	Tamaño del juego de matriz	*C*1 1/2	27 1/4
	Contorno general...	Cuadrado	
	Número total de perforaciones	5	1 1/4
8 *A*	Número de perforadores	4	2 1/4
	Diámetro de los perforadores...	1,73 mm	
	Tipo del perforador	Tipo *B*	
8 *B*	Contorno del perforador	133 mm	5 3/4
	Número de perforadores	1	
8 *C*	Contorno del material que se punzona.		
	Angulos de 90° o menos		
	Anchura hasta 3,17 mm		
	Contorno del perforador		
10	Número de perforadores	4	6
	Diámetro de los perforadores	1,73 mm	
11 *A*	Contorno del perforador	133 mm	9 1/4
	Número de salientes en el punzón del perforador	10	11
11 *B*	Número de ángulos de 90° o menos ...		
	Si la forma de la ranura tiene anchura de 3,17 mm o menos, longitud ...		
12	Número de manguitos	4	2 1/2
	Diámetro interior	1,73 mm	
13	Número de curvas menores		
13 *A*	Número de radios	6	8 1/2
14	Número de salientes o muescas	10	50 1/2
14 *A*	Longitud del contorno para el material sacado		

TIEMPO TIPO ... ... 180,75 h. *

* Clasificación de la calidad $C = 180{,}75$ horas.
" " $B = 180{,}75 \times 112 = 202{,}44$. Utilizar 205 horas.

herramienta, haciendo una lista del material necesario e indicando cualquier característica especial, pero sin señalar las piezas en detalle. Entonces se establecen los tiempos tipo por el método ya descrito. A continuación se hace el pedido de la serie de herramientas a un jefe de grupo del taller de herramientas, al cual se le asignan tantos ayudantes como sean necesarios para que la tarea se realice eficazmente. Estos constructores de herramientas completan en grupo la serie entera de herramientas para una pieza determinada y participan en los ahorros a través de una bonificación basada sobre la diferencia entre el tiempo verdaderamente utilizado y el tiempo tipo fijado para la tarea. A la terminación de estas series de herramientas se disuelve el grupo y se forman nuevos grupos para otras herramientas.

Troqueles compuestos para troquelar y punzonar.—Este tipo es más complicado que el explicado anteriormente, porque consta de mayor número de partes o piezas. No obstante, el método de normalización y establecimiento de los datos tipo de fabricación es igual al descrito para el troquel sencillo.

La falta de espacio nos impide presentar un material análogo para los troqueles compuestos. No obstante, la tabla XLI da una lista de las piezas, y el resumen de la tabla XLII da el tiempo tipo necesario para construir el troquel compuesto mostrado en la figura 266.

CAPITULO XXXI

SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS: SU APLICACION A TRABAJOS DE MONTAJE

Aunque durante muchos años fue poco amplia la utilización de los sistemas de tiempos predeterminados, su aplicación ha ido aumentando a medida que se hacía mayor el número de sistemas y se comprendían mejor sus ventajas y limitaciones.

En la figura 267 se da cuenta de nueve sistemas de tiempos predeterminados, describiéndose cuatro de ellos en el capítulo siguiente. No se hace referencia a cierto número de sistemas bien concebidos y que actualmente se aplican, por no haberse publicado información suficiente sobre ellos. Además, algunas empresas han modificado, a través de su propia investigación, el sistema o sistemas primitivamente puestos en práctica y, por ello, no es posible saber cuántos sistemas diferentes de tiempos predeterminados se aplican en los Estados Unidos. Sin embargo, todos los sistemas tienen mucho en común.

Quizá la mayor ventaja de los tiempos predeterminados, en comparación con el estudio de tiempos, es la de que esos datos permiten fijar de antemano el tiempo tipo de una tarea o actividad, cuyo modelo de movimientos se conoce. Simplemente con la descripción del método y un dibujo de la disposición del puesto de trabajo, se puede determinar anticipadamente el tiempo en que se realizará una operación en el taller. Análogamente, puede hacerse una evaluación muy exacta de varios métodos de trabajo o de proyectos de herramientas diferentes. También se ha hecho un considerable uso de los tiempos predeterminados en el establecimiento de tiempos elementales para varias clases de máquinas e instalaciones, abreviando así la determinación de tiempos tipo para tareas que deban realizarse con dichas máquinas. Con el empleo de esos datos se obtiene frecuentemente mayor homogeneidad en los tiempos tipo.

Los principales empleos de los tiempos predeterminados pueden dividirse en las dos clases siguientes:

Evaluación del método

1. Mejora de los métodos existentes.
2. Evaluación de métodos propuestos, antes de su utilización.
3. Evaluación de proyectos de herramientas, plantillas e instalaciones.

Nombre del sistema	Fecha de su primera aplicación	Primera publicación en la que se describe el sistema	Publicaciones con información acerca del sistema	Forma de obtención de los datos originales	Sistema desarrollado por
Análisis de tiempos de movimientos (MTA).	1924	No se han publicado datos, pero en *Motion Time Analysis Bulletin*, que es una publicación de A. B. Segur & Co., aparece información concerniente al MTA.	"Motion-Time Analysis", de A. B. Segur, en *Industrial Engineering Handbook*, ed. dir. por H. B. Maynard, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, págs. 4-101 a 4-118, 1956.	Películas, análisis de micromovimientos, cinógrafo.	A. B. Segur.
Movimientos de los miembros del cuerpo.	1938	*Applied Time and Motion Study*, por W. G. Holmes, Ronald Press Co., Nueva York, 1938.	*Applied Time and Motion Study*, de W. G. Holmes, Ronald Press Co., Nueva York, 1938.	Se desconoce.	W. G. Holmes.
Tiempos predeterminados para trabajos de montaje (conseguir y colocar).	1938	*Motion and Time Study*, 2.ª ed., por Ralph M. Barnes, John Wiley & Sons, Nueva York, 1940, caps. 22 y 23.	*Motion and Time Study*, de Ralph M. Barnes, 5.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1963, cap. 31.	Estudio de tiempos, películas de operaciones fabriles, estudios de laboratorio.	Harold Engstrom y H. C. Geppinger, de la fábrica de Bridgeport, de la General Electric Co.
Sistema de factores de trabajo.	1938	"Motion Time Standards", de J. H. Quick, W. J. Shea y R. E. Koehler, *Factory Management and Maintenance*, vol. 103, núm. 5, págs. 97-108, mayo 1945.	*Work-Factor Time Standards*, de J. H. Quick, James H. Duncan y James A. Malcolm, Jr., McGraw-Hill Book Co. Nueva York, 1962.	Estudio de tiempos, películas de operaciones fabriles, estudio de movimientos con luz estroboscópica.	J. H. Quick. W. J. Shea. R. E. Koehler.
Tiempos tipo elementales para trabajos manuales básicos.	1942	"Establishing Time Values by Elementary Motion Analysis", de M. G. Schaefer, *Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic*, IMS, Chicago, páginas 21-27, noviembre 1946.	"Establishing Time Values by Elementary Motions", de M. G. Schaefer, *Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic*, IMS, Chicago, noviembre 1946. También "Development and Use of Time Values for Elemental Motions", de M. G. Schaefer, *Proceedings Second Time Study and Methods Conference*, SAM-ASME, Nueva York, abril 1947.	Estudios con cinógrafo, películas de operaciones industriales y estudios con registrador de tiempos eléctrico (medidos los tiempos hasta 0,0001 minuto).	Western Electric Co.
Medida del tiempo de los métodos (MTM).	1948	*Methods-Time Measurement*, de H. B. Maynard, G. J. Stegemerten y J. L. Schwab, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1948.	*Methods-Time Measurement*, de H. B. Maynard, G. J. Stegemerten y J. L. Schwab, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1948.	Estudio de tiempos y películas de operaciones fabriles.	H. B. Maynard. G. J. Stegemerten. J. L. Schwab.
Estudio de tiempos de movimientos básicos (BMT).	1950	*Manuales*, de J. D. Woods & Gordon, Ltd., Toronto, Canadá, 1950.	*Basic Motion Timestudy*, de G. B. Bailey y Ralph Presgrave, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1958.	Estudios de laboratorio.	Ralph Presgrave. G. B. Bailey. J. A. Lowden.
Tiempos de movimientos dimensionales (DMT)	1952	"New Motion Time Method Defined", de H. C. Geppinger, *Iron Age*, volumen 171, núm. 2, págs. 106-108, 8 enero 1953.	*Dimensional Motion Times*, por H. C. Geppinger, John Wiley and Sons, Nueva York, 1955.	Estudio de tiempos, películas, estudios de laboratorio.	H. C. Geppinger
Tiempos predeterminados del trabajo humano.	1952	"A System of Predetermined Human Work Times", de Irwin P. Lazarus. Tesis para el grado de "Philosophiae Doctor", Universidad de Purdue, 1952.	"Synthesized Standards from Basic Motion Times", *Handboock of Industrial Engineering and Management*, W. G. Ireson and E. L. Grant, dirs. de ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., págs. 373-378, 1955.	Películas de operaciones fabriles.	Irwin P. Lazarus.

FIG. 267.—Resumen relativo a varios sistemas de tiempos predeterminados

4. Ayuda para diseñar el producto.
5. Ayuda a la dirección para aprender a captar los movimientos.

Fijación de tiempos-tipo

1. Empleo directo de los datos de tiempos predeterminados para fijar los tiempos-tipo.
2. Compilación de datos y fórmulas para diversas clases de trabajo, a fin de fijar con mayor rapidez los tiempos-tipo.
3. Comprobación de las normas establecidas por el estudio de tiempos.
4. Revisión de tiempos-tipo.

Es importante que los tiempos predeterminados sean aplicados solamente por personal calificado y bien instruido. Se afirma con frecuencia que el sistema de tiempos predeterminados es superior al estudio de tiempos porque el analista no necesita juzgar la marcha del operario que estudia. Esto, desde luego, es cierto. Sin embargo, al aplicar los sistemas de tiempos predeterminados, hay numerosos puntos ante los cuales debe reflexionar y decidir el analista, siendo necesaria una formación esmerada en la aplicación de un sistema dado de tiempos predeterminados, para hacer mínimos tales factores subjetivos. Si, en un departamento, hay varias personas trabajando en la fijación de tiempos-tipo mediante aplicación de tiempos predeterminados, es de especial importancia que, en lo posible, todas ellas apliquen los datos de la misma manera.

Los cuatro sistemas de tiempos predeterminados que se describen en este capítulo, y en el siguiente, se han presentado en orden cronológico, según la fecha en que se utilizaron por primera vez. Son 1) Tiempos Predeterminados para Operaciones de Montaje; 2) Sistema de factores de Trabajo (Work-Factor System); 3) Medida del Tiempo de los Métodos (Methods-Time Measurement), y 4) Estudio de Tiempos de Movimientos Básicos (Basic Motion Timestudy)

TIEMPOS PREDETERMINADOS PARA TRABAJOS DE MONTAJE

El sistema de tiempos predeterminados que se describe en este capítulo fue ideado y puesto en práctica por Harold Engstrom y sus colaboradores, cuando aquel era jefe del servicio de estudios de movimientos en la fábrica de Bridgeport, de la General Electric Company, que lo empleó con éxito, primero para determinar los costes de mano de obra en los nuevos productos y, posteriormente, para establecer tiempos-tipo. El sistema fue concebido especialmente para fijar tiempos-tipo en las operaciones de montaje en el departamento de aparatos eléctricos, sin pretender que resultara de aplicación general.

Disposición del puesto de trabajo.—Si las operaciones en la fábrica no exigen otra cosa, el puesto de trabajo de montaje debe instalarse de forma semejante al esquema de la figura 268. Se han de suministrar las piezas al operario en depósitos, bandejas, tolvas u otros recipientes *bien diseñados* y colocados en las zonas indicadas. En las operaciones de montaje progresivo se entregarán los submontajes al operario dentro

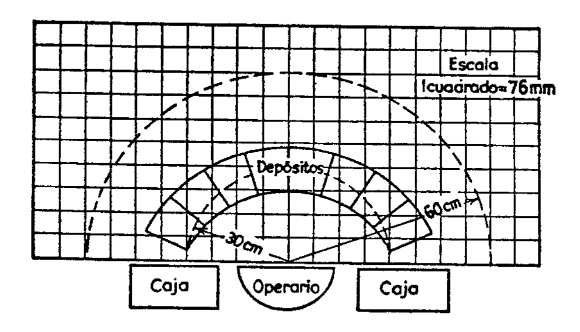


FIG. 268.—Disposición típica del puesto de trabajo.

del área de trabajo (60 cm del borde de la plantilla o banco más próximo al operario). Esta instalación proporciona al operario un puesto de trabajo de acuerdo con el estudio de movimientos y es la base sobre la cual se han establecido los tiempos-tipo correctos.

Con un puesto de trabajo como el que se indica, casi todos los movimientos de transporte en vacío y con carga quedan confinados dentro de la distancia de 60 cm. Como la mayor parte de las piezas de montaje son pequeñas o medianas, la media de las distancias de transporte en vacío y con carga será mucho menor de 60 cm. Por consiguiente, las correcciones para los transportes en vacío y con carga se han calculado con un poco de exceso sobre la media anticipada y se permiten distancias de 60 cm.

Determinación del tiempo tipo para una operación de montaje.—Los datos de las figuras 269 y 270, y la Hoja de Cálculo de tiempos-tipo (Figs. 272 y 273) pueden utilizarse para fijar el tiempo-tipo en operaciones de montaje.

En una operación de montaje se suministra al operario una colección de piezas que monta en una posición determinada. El operario ha

de *coger* cada pieza y *colocarla* en la posición debida en relación con el resto del montaje. Cuando se unen las piezas entre sí pueden *usarse* máquinas o herramientas manuales. Finalmente, después de acabar un ciclo de montaje, ha de *colocarse a un lado* o *dejarse* el dispositivo o montaje. Todas las operaciones de montaje están compuestas de una serie de estos elementos. Para fines prácticos de análisis es innecesario reducir estas cuatro divisiones a elementos aún menores si se identifican las variables que las afectan y se las valora debidamente.

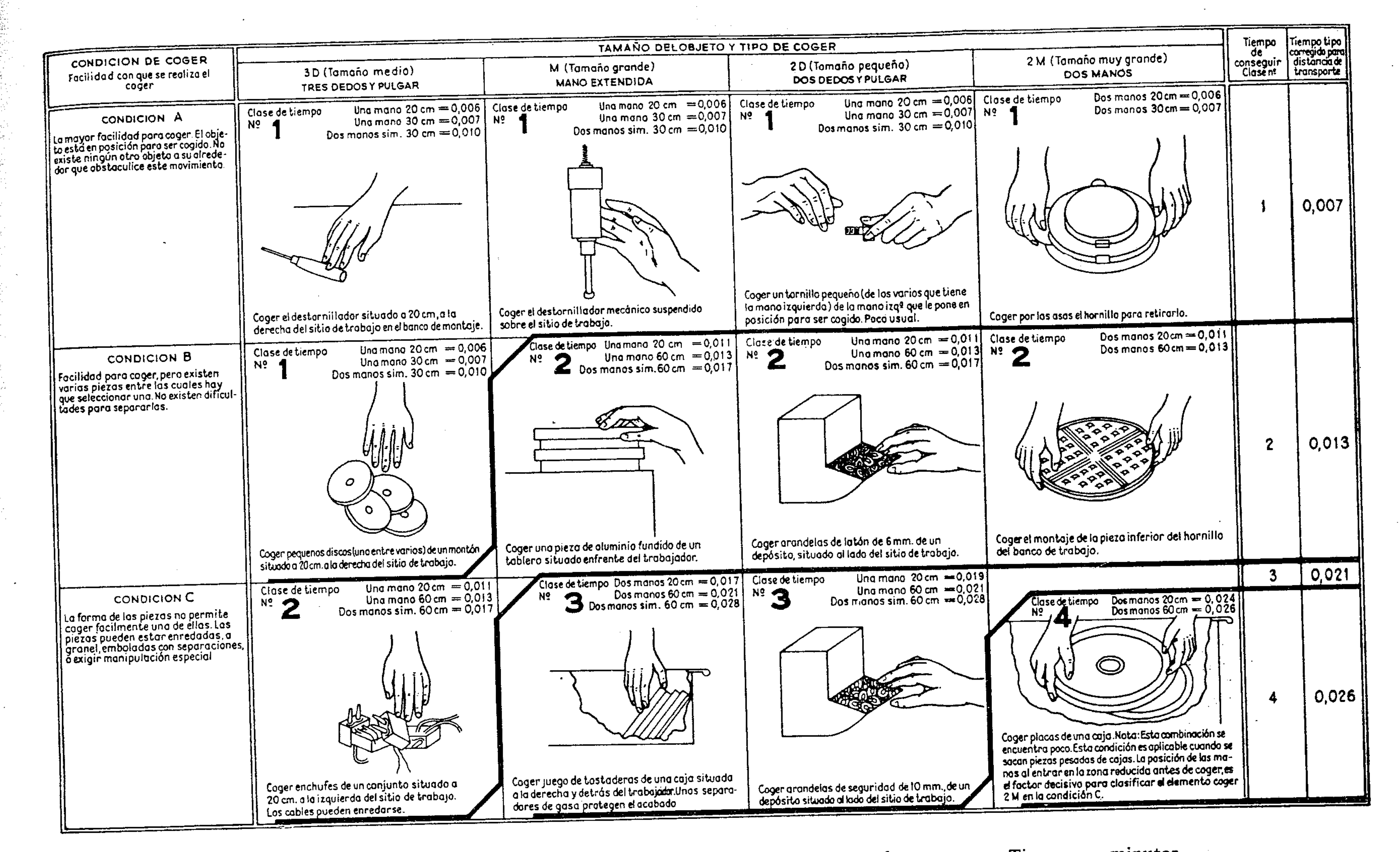
"Coger", variable primaria.—A lo largo de cualquier operación de montaje se consume tiempo en obtener, mantener o dejar el control de las piezas, herramientas o máquinas. En las operaciones de montaje estudiadas, este control era manual en su mayor parte.

Se determinó que el tipo de coger utilizado al hacerse con una pieza que se ha de montar era, posiblemente, la variable más importante que afecta a los tiempos de coger y colocar. Aunque las características especiales del diseño o la dificultad relativa del montaje pueden afectarlo, el tipo de coger utilizado es, en gran parte, una función del tamaño de la pieza. Por consiguiente, para fines prácticos, se puede utilizar el tamaño de las piezas como base para valorar la variación de los tiempos de coger y colocar.

Tamaño de la pieza y tipo de "Coger".—Cuando se relaciona el tamaño de las piezas con el tipo de coger empleado, aquel constituye una base satisfactoria para valorar las variaciones de los tiempos de coger y colocar. No obstante, se ha de recordar que se puede utilizar un coger para *conseguir* una pieza dada y usarse otro para *colocarla* eficazmente.

Cuatro tipos de "Coger".—El análisis de muchas operaciones individuales indica que coger puede clasificarse en cuatro divisiones o tipos, que indican el tamaño de las piezas que corresponden *normalmente* a cada tipo de coger.

1. Coger con tres dedos y el pulgar (*3D*).
   Se utiliza con cualquier objeto suficientemente grande para permitir que se coloquen a su alrededor (al menos en dos dimensiones) tres dedos y el pulgar, sin que estos se amontonen, y no tan grande que requiera se estiren los dedos para hacerse con él. Con piezas de este tamaño es el tipo más fácil y, en la mayor parte de los casos, procura un máximo de control (véase figura 269).
2. Coger con la mano extendida (*M*).
   Se utiliza con cualquier objeto que, debido a su tamaño, requiere se estiren los dedos, y cuyo peso, acabado o condiciones



CONDICION DE COGER Facilidad con que se realiza el coger	TAMAÑO DELOBJETO Y TIPO DE COGER 3 D (Tamaño medio) TRES DEDOS Y PULGAR	M (Tamaño grande) MANO EXTENDIDA	2 D (Tamaño pequeño) DOS DEDOS Y PULGAR	2 M (Tamaño muy grande) DOS MANOS	Tiempo de conseguir Clase nº	Tiempo tipo corregido para distancia de transporte
CONDICION A La mayor facilidad para coger. El objeto está en posición para ser cogido. No existe ningún otro objeto a su alrededor que obstaculice este movimiento.	Clase de tiempo Nº 1 Una mano 20 cm = 0,006 Una mano 30 cm = 0,007 Dos manos sim. 30 cm = 0,010 Coger el destornillador situado a 20 cm, a la derecha del sitio de trabajo en el banco de montaje.	Clase de tiempo Nº 1 Una mano 20 cm = 0,006 Una mano 30 cm = 0,007 Dos manos sim. 30 cm = 0,010 Coger el destornillador mecánico suspendido sobre el sitio de trabajo.	Clase de tiempo Nº 1 Una mano 20 cm = 0,006 Una mano 30 cm = 0,007 Dos manos sim. 30 cm = 0,010 Coger un tornillo pequeño (de los varios que tiene la mano izquierda) de la mano izqª que le pone en posición para ser cogido. Poco usual.	Clase de tiempo Nº 1 Dos manos 20 cm = 0,006 Dos manos 30 cm = 0,007 Coger por las asas el hornillo para retirarlo.	1	0,007
CONDICION B Facilidad para coger, pero existen varias piezas entre las cuales hay que seleccionar una. No existen dificultades para separarlas.	Clase de tiempo Nº 1 Una mano 20 cm = 0,006 Una mano 30 cm = 0,007 Dos manos sim. 30 cm = 0,010 Coger pequenos discos (uno entre varios) de un montón situado a 20 cm. a la derecha del sitio de trabajo.	Clase de tiempo Nº 2 Una mano 20 cm = 0,011 Una mano 60 cm = 0,013 Dos manos sim. 60 cm = 0,017 Coger una pieza de aluminio fundido de un tablero situado enfrente del trabajador.	Clase de tiempo Nº 2 Una mano 20 cm = 0,011 Una mano 60 cm = 0,013 Dos manos sim. 60 cm = 0,017 Coger arandelas de latón de 6 mm. de un depósito, situado al lado del sitio de trabajo.	Clase de tiempo Nº 2 Dos manos 20 cm = 0,011 Dos manos 60 cm = 0,013 Coger el montaje de la pieza inferior del hornillo del banco de trabajo.	2	0,013
					3	0,021
CONDICION C La forma de las piezas no permite coger facilmente una de ellas. Las piezas pueden estar enredadas, a granel, emboladas con separaciones, o exigir manipulación especial	Clase de tiempo Nº 2 Una mano 20 cm = 0,011 Una mano 60 cm = 0,013 Dos manos sim. 60 cm = 0,017 Coger enchufes de un conjunto situado a 20 cm. a la izquierda del sitio de trabajo. Los cables pueden enredarse.	Clase de tiempo Nº 3 Dos manos 20 cm = 0,017 Dos manos 60 cm = 0,021 Dos manos sim. 60 cm = 0,028 Coger juego de tostaderas de una caja situada a la derecha y detrás del trabajador. Unos separadores de gasa protegen el acabado	Clase de tiempo Nº 3 Una mano 20 cm = 0,019 Una mano 60 cm = 0,021 Dos manos sim. 60 cm = 0,028 Coger arandelas de seguridad de 10 mm., de un depósito situado al lado del sitio de trabajo.	Clase de tiempo Nº 4 Dos manos 20 cm = 0,024 Dos manos 60 cm = 0,026 Coger placas de una caja. Nota: Esta combinación se encuentra poco. Esta condición es aplicable cuando se sacan piezas pesadas de cajas. La posición de las manos al entrar en la zona reducida antes de coger, es el factor decisivo para clasificar el elemento coger 2 M en la condición C.	4	0,026

FIG. 269.—Tiempos tipo para "conseguir", corregidos para distancias de transporte. Tiempo en minutos.

CONDICION DE COLOCAR Según la posición necesaria	TAMAÑO DEL OBJETO Y TIPO DE COGER: 3 D (Tamaño medio) TRES DEDOS Y PULGAR	M (Tamaño grande) MANO EXTENDIDA	2 D (Tamaño pequeño) DOS DEDOS Y PULGAR	2 M (Tamaño muy grande) DOS MANOS
CONDICION A Poner en posición es casi igual que dejar el objeto en el lugar de trabajo	Clase de tiempo Nº 1 — Una mano 20 cm = 0,006; Una mano 30 cm = 0,007; Dos manos sim. 30 cm = 0,011. Colocar un disco pequeño en la otra mano	Clase de tiempo Nº 1 — Dos manos 20 cm = 0,006; Dos manos 30 cm = 0,007; Dos manos sim. 30 cm = 0,011. Colocar el cuerpo del tostador en la otra mano para su ajuste	Clase de tiempo Nº 1 — Dos manos 20 cm = 0,006; Dos manos 30 cm = 0,007; Dos manos sim. 30 cm = 0,011. Colocar un tornillo pequeño en la otra mano. Poco usado	Cl. de tiempo Nº 2 — Dos manos 20 cm = 0,011; Dos manos 30 cm = 0,013. Mover el montaje parcial del hornillo hasta situarle aproximadamente debajo del destornillador mecánico
CONDICION B Poner en posición piezas sobre, o dentro de lugares definidos, con tolerancias amplias, huecos o plantillas sencillas o montajes con un punto de orientación	Clase de tiempo Nº 1 — Dos manos 20 cm = 0,006; Dos manos 30 cm = 0,007; Dos manos sim. 30 cm = 0,011. Dejar el destornillador dentro del sujetador o soporte, a 20 cm a la derecha del sitio de trabajo	Cl. de tiempo Nº 2 — Dos manos 20 cm = 0,011; Dos manos 60 cm = 0,013; Dos manos sim. 60 cm = 0,020. Colocar el tostador en la bandeja	Clase de tiempo Nº 2 — Dos manos 20 cm = 0,011; Dos manos 60 cm = 0,013; Dos manos sim. 60 cm = 0,020. Colocar una arandela de acero, en un vástago o clavija con grandes tolerancias	Cl. de tiempo Nº 3 — Dos manos 20 cm = 0,019; Dos manos 60 cm = 0,021. Colocar una pieza rectangular de aluminio en una plantilla
CONDICION C Poner en posición piezas, sobre o dentro de lugares complicados o difíciles. Montajes o plantillas que requieran poner las piezas en posición con respecto a dos puntos o colocación en dos direcciones	Clase de tiempo Nº 2 — Dos manos 20 cm = 0,011; Dos manos 60 cm = 0,013; Dos manos sim. 60 cm = 0,020. Colocación en dos direcciones. Colocar la llave sobre la tuerca normal	Cl. de tiempo Nº 3 — Dos manos 20 cm = 0,019; Dos manos 60 cm = 0,021; Dos manos sim. 60 cm = 0,031. Colocación en dos direcciones. Colocar el destornillador mecánico sobre la cabeza del tornillo	Cl. de tiempo Nº 3 — Dos manos 20 cm = 0,019; Dos manos 60 cm = 0,021; Dos manos sim. 60 cm = 0,031. Colocación en dos direcciones. Colocar tornillo en agujero roscado	Cl. de tiempo Nº 5 — Dos manos 20 cm = 0,030; Dos manos 60 cm = 0,036. Colocar el tostador en clavijas de colocación, para atornillar
CONDICION D La puesta en posición es casi igual que la condición C, pero además puede haber muy pequeñas tolerancias, mayor cuidado en el acabado, tres o más puntos o direcciones de colocación, o aplicación de fuerza en el montaje	Clase de tiempo Nº 3 — Dos manos 20 cm = 0,019; Dos manos 60 cm = 0,021; Dos manos sim. 60 cm = 0,031. Colocación en tres direcciones. Colocar el destornillador sobre el tornillo en el montaje	No usado	Clase de tiempo Nº 4 — Dos manos 20 cm = 0,024; Dos manos 60 cm = 0,026; Dos manos sim. 60 cm = 0,039. Colocar tuerca en tornillo con espacio muy limitado que obstaculiza el movimiento de los dedos	Clase de tiempo Nº 6 — Dos manos 20 cm = 0,042; Dos manos 60 cm = 0,048. Colocar cubierta sobre el hornillo montado

Tiempo de colocar Clase nº	Tiempo tipo corregido para distancia de transporte
1	0,007
2	0,013
3	0,021
4	0,026
5	0,036
6	0,048

FIG. 270.—Tiempos tipo para "colocar", corregidos para distancias de transporte. Tiempo en minutos.

de control no exigen el uso de las dos manos. El control es bueno y se obtiene rápidamente.

3. Coger con dos dedos y el pulgar (*2D*).
Se utiliza cuando resulta imposible coger un objeto con tres dedos, debido a su pequeño tamaño.

4. Coger con dos manos (*2M*).
Se utiliza para mover los objetos que, por su tamaño, peso, diseño o acabado requieren el uso de las dos manos, o cuando el ponerlos en posición es tan difícil que se requiere una mano para guiarlos.

Limitaciones de conseguir.—Al establecer normas para el tiempo de conseguir parecía razonable incluir en conseguir solo dos movimientos: transporte en vacío y coger (o seleccionar y coger). El tiempo para coger está afectado no solo por el tamaño de la pieza, como se ha expuesto recientemente, sino también por las variaciones impuestas por la preparación material del lugar de trabajo o el diseño peculiar de las piezas.

Condiciones de conseguir.—Cada uno de los cuatro tipos de "Coger" explicados varía con las condiciones de la operación. Estas variaciones se agrupan en tres clases, que dependen de la facilidad con que se puede realizar la acción de coger en aquellas condiciones.

La figura 269 da ejemplos de cada uno de los cuatro tipos diferentes de coger (tamaño del objeto) para cada una de sus tres condiciones diferentes. Se muestran igualmente los tiempos tipo en minutos.

Limitaciones de colocar.—El establecimiento de los tiempos de colocar procuró mayores dificultades debido a que aquí se incluyen el transporte con carga, poner en posición (dejar en posición) y dejar carga. Según la importancia que adquiere el poner en posición o dejar en posición se han determinado cuatro clases de colocar (Fig. 270).

"Dejar" es un "colocar".—Como las operaciones de *dejar en condición D* son, en realidad, la colocación de la pieza, herramienta o plantilla en otro sitio, se han valorado exactamente sobre la misma base que las operaciones de colocar.

Resumen.—Lo anterior ofrece un medio para clasificar la gran mayoría de las operaciones de montaje encontradas en la Sección de Utensilios. Establece un medio para definir las operaciones, de forma que elimina en gran medida las variaciones de criterio por parte de los que utilizan los datos.

Cuando se ha conseguido familiarizarse con las condiciones básicas

de la operación, se puede reconocer fácilmente la clasificación apropiada de cualquier operación. Se observará que las figuras 269 y 270 contienen solo siete valores de tiempo diferentes, del total de veintisiete combinaciones posibles de las condiciones.

Uso de la hoja de cálculo.—La hoja de cálculo de tiempos tipo puede utilizarse para estimar costes de montajes en proyectos previos a la producción o para establecer tiempos tipo en las operaciones de montaje, cuando están ya en práctica el procedimiento y los métodos.

EJEMPLO.—*Montaje de piezas de un hornillo.*—Para explicar el procedimiento se dará a conocer el siguiente ejemplo, sacado de la línea de montaje de la placa de hornillo núm. 119Y 197:

1. *Operación.*

   La operación consiste en montar anillo y tapa a la parrilla inferior.

2. *Equipo.*

   El equipo disponible para esta operación es el siguiente:

   1) Una llave mecánica de tuercas Millers Falls.
   2) Banco con transportador.
   3) Silla.
   4) Dos cajas y plataformas.
   5) Dos cajas de cartón (100 × 125 × 76 mm de profundidad).

3. *Piezas.*

   En este ciclo de montaje se usan cinco piezas (véase Fig. 271):

   1) Pieza inferior de la parrilla de fundición, en la caja a la izquierda del operario.
   2) Anillo de porcelana, submontaje elemental, sobre la banda transportadora, en el centro del banco.
   3) Tapa, en la caja a la derecha del operario.
   4) Pasador, 25,4 mm de longitud, en caja de cartón.
   5) Tuerca, en caja de cartón.

4. *Plantilla.*

   No se utiliza plantilla.

5. *Descripción del ciclo.*

   1) El operario tiende la mano hacia la caja de la izquierda y elige una pieza de fundición de la parrilla.

   2) Eleva la pieza, examina sus bordes y cara y la deja sobre la mesa boca abajo, con el gozne hacia él.
   3) Dirige la mano izquierda a la pila de anillos sobre el transportador, coge la unidad superior y, con ambas manos,
   4) la coloca sobre la pieza de fundición, con los terminales por encima del gozne.

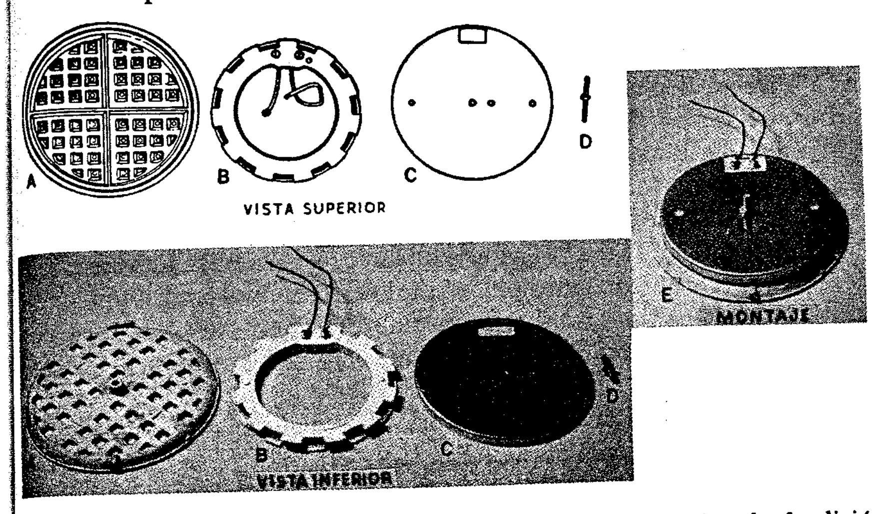


FIG. 271.—Piezas para el montaje del hornillo: *A*, pieza inferior de fundición de la parrilla; *B*, anillo de porcelana, submontaje; *C*, tapa de acero; *D*, pasador y tuerca; *E*, montaje de las piezas *A*, *B*, *C* y *D*.

   5) Mientras la mano izquierda endereza y eleva estos terminales, la derecha sostiene el anillo.
   6) Entonces la mano derecha se dirige hacia la caja de la derecha y coge una tapa, que
   7) coloca por encima de los terminales, hasta encajarla en la parrilla y el resto de la unidad.
   8) A continuación, la mano derecha alcanza la caja de los pasadores, coge uno y
   9) lo introduce a través de la tapa en un agujero roscado de la pieza de fundición.
   10) Entonces, la mano derecha se dirige a la segunda caja, coge la tuerca y
   11) comienza a roscarla en el pasador. Durante estas últimas operaciones (8 hasta 11), la mano izquierda ha sostenido el montaje. Después de comenzar el roscado de la tuerca, la mano derecha

HOJA PARA EL CALCULO DE TIEMPOS TIPO

DEPARTAMENTO Utensilio	DEPTº Nº 53	ANALISTA: L.A. Smith
DIBUJO Nº: 119 y 197	FECHA 1 - 5 - 48	ENCARGADO R.T. Moore

Tiempo para mover las cajas = $\frac{0{,}40 \times \text{Nº cajas}}{\text{Nº piezas/cajas}} = \frac{0{,}40 \times 2}{20}$ = 0,040 minutos

SUPLEMENTO FATIGA = 8 %, SUPLEMENTO PIEZAS = 2 % } = 10 %

(Tiempo total en min 0,434 + Tiempo para mover la caja/pieza = 0,474) + (10 % SUPLEMENTO ó 0,047) = 0,521 TIEMPO TIPO EN MINUTOS

LUGAR DE TRABAJO — ESCALA: 1 cuadrado = 76 mm.

1 — 4 — Depósitos 5 — 6 — 7 — Plantillo — Caja 2 — Operario — Caja 3

EQUIPO (Comprobar en el sitio de trabajo)

1 Destornillador mecánico
2 Caja - Parrillas
3 Caja - Tapas
4 Anillos de porcelana apilados
5 Pasadores
6 Tuercas
7 Montajes acabados

OBSERVACIONES:

Los tornillos y las tuercas vienen en cajas de cartón de 7,6 cm. de altura × 10 cm. × 12,5 cm.

El encargado considera necesario que el operario inspeccione todas las piezas de fundición de las parrillas para comprobar el buen estado de los agujeros con rosca, las marcas de rectificado y la limpieza.

TIEMPOS TIPO PARA MONTAJES GENERALES		TAMAÑO DEL OBJETO: M (3D)	G (M)	P (2D)	MG (2M)	CLASE DE TIEMPO
CONDICIONES EN QUE SE REALIZAN LAS OPERACIONES		TIEMPO EN MINUTOS				
Coger en condiciones A	La mayor facilidad para coger. El objeto está en posición para ser cogido. No existe ningún otro objeto a su alrededor que obstaculice este movimiento. El tamaño del objeto no entra en consideración.	0,007	0,007	0,007	0,007	C 1
Coger en condiciones B	Facilidad para coger, pero existen varias piezas entre las cuales hay que seleccionar una. No existen dificultades para separarlas.	0,007	0,013	0,013	0,013	C 2
Coger en condiciones C	La forma de las piezas no permite coger facilmente una de ellas. Las piezas pueden estar enredadas, a granel, emboladas con separaciones, o exigir manipulación especial.	0,013	0,021	0,021	0,026	C 3 / C 4
Colocar en condiciones A	Poner en posición es casi igual que dejar el objeto en el lugar de trabajo.	0,007	0,007	0,007	0,013	C 1 / C 2
Colocar en condiciones B	Poner en posición piezas, sobre ó dentro de lugares definidos, con tolerancias amplias, huecos ó plantillas sencillas ó montajes con un punto de orientación.	0,007	0,013	0,013	0,021	C 3
Colocar en condiciones C	Poner en posición piezas, sobre ó dentro de lugares complicados ó difíciles. Montajes ó plantillas que requieran poner las piezas en posición con respecto a dos puntos ó colocación en dos direcciones.	0,013	0,021	0,021	0,036	C 4 / C 5
Colocar en condiciones D	La puesta en posición es casi igual que la condición C, pero además puede haber muy pequeñas tolerancias, mayor cuidado en el acabado, tres ó más puntos ó direcciones de colocación ó aplicación de fuerza en el montaje.	0,021	0,026	0,026	0,048	C 6

FIG. 272.—Hoja para el cálculo de tiempos tipo para el montaje de un hornillo. Anverso.

[illegible] la tapa sobre la pieza inferior del hornillo 119 y 197

ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN ②	C1 30 cm. MAXIM. CyCo	C2	Co2	C2 60 cm. MAXIM. CyCo	C2	Co2	C3 60 cm. MAXIM. CyCo	C2	Co2	C4 60 cm. CyCo	Co2	C5 60 cm Co	C6 60 cm Co	TV y TC máx. de 60 cm. hasta 90 cm.	ANDAR	Destornillador mecánico		TIEMPO TOTAL EN MINUTOS
	0,007	0,010	0,011	0,013	0,017	0,020	0,021	0,028	0,031	0,026	0,039	0,036	0,048	0,012	0,007			
1-Coger y colocar la parrilla sobre la mesa							CCo							V				0,054
2-Coger y colocar el anillo de porcelana sobre la parrilla				C								Co						0,049
3-Coger y colocar los conductores eléctricos (Sólo ajustarlos)	CCo																	0,014
4-Coger y colocar la tapa							C						Co	V				0,081
5-Coger, colocar y comenzar el roscado del pasador	R.p.						CCo											0,056
6-Coger, colocar y comenzar el roscado de la tuerca	Rtu						CCo											0,056
7-Coger, colocar, usar y dejar el destornillador mecánico	D	C					Co									V		0,058
8-Coger y dejar a un lado	C						D							V				0,040
9-Inspeccionar las piezas de fundición de las parrillas (Inspección 100 %)				Pieza del elemento 1. Inspeccionar agujeros con rosca, marcas de rectificado en el borde y limpieza														0,026
																		0,434

Destornillador mecánico	0,020
Remachadora de aire comprimido	0,010
Punzonadora pequeña o soldadora	0,011
Accionar prensa	0,024
Destornillador manual / rosca	0,018
Inspeccionar / apuntar	0,003

PROCESO	PEQUEÑO LIGERO	MEDIANO	GRANDE PESADO
Atornillar – por fricción	0,020		0,036
Hacer funcionar la prensa manual	0,010		0,025
Hacer el paso	0,015	0,020	0,030
Cementar	0,020	0,030	0,040
Girar	0,020	0,030	0,050
Soldar (sin incluir "colocar")	0,030	0,050	

C ó Co = Coger o Colocar una pieza
C2 o Co2 = Coger o Colocar dos piezas (una con cada mano) simultáneamente
Andar = Transporte en vacío y transporte con carga, de 90 a 210 cm. de distancia

FIG. 273.—Hoja para el cálculo de tiempos tipo para el montaje de un hornillo. Reverso.

CLASE DE TIEMPO	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C5	C6

OPERACION ... la tapa sobre la pieza inferior del hornillo 119 y 157

ELEMENTOS DE LA OPERACION ②	C1 30 cm. MAXIM. CyCo 0,007	C1 C 2 0,010	C1 Co2 0,011	C2 60 cm. MAXIM. CyCo 0,013	C2 C 2 0,017	C2 Co2 0,020	C3 60 cm. MAXIM. CyCo 0,021	C3 C 2 0,028	C3 Co2 0,031	C4 60 cm. CyCo 0,026	C4 Co2 0,039	C5 60 cm Co 0,036	C6 60 cm Co 0,048	TV y TC más de 60 cm. hasta 90 cm. 0,012	ANDANDO 0,007	Destornillador mecánico		TIEMPO TOTAL EN MINUTOS
1-Coger y colocar la parrilla sobre la mesa							CCo							V				0,054
2-Coger y colocar el anillo de porcelana sobre la parrilla				C								Co						0,049
3-Coger y colocar los conductores eléctricos (Sólo ajustarlos)	CCo																	0,014
4-Coger y colocar la tapa							C						Co	V				0,081
5-Coger, colocar y comenzar el roscado del pasador	R.p.						CCo											0,056
6-Coger, colocar y comenzar el roscado de la tuerca	Rtu						CCo											0,056
7-Coger, colocar, usar y dejar el destornillador mecánico	D	C					Co									V		0,058
8-Coger y dejar a un lado	C						D							V				0,040
9-Inspeccionar las piezas de fundición de las parrillas (Inspección 100 %)				Pieza del elemento 1. Inspeccionar agujeros con rosca, marcas de rectificado en el borde y limpieza														0,026
																		0,434

Destornillador mecánico	0,020
Remachadora de aire comprimido	0,010
Punzonadora pequeña o soldadora	0,011
Accionar prensa	0,024
Destornillador manual / rosca	0,018
Inspeccionar / apuntar	0,003

PROCESO	PEQUEÑO LIGERO	MEDIANO	GRANDE PESADO
Atornillar – por fricción	0,020		0,036
Hacer funcionar la prensa manual	0,010		0,025
Hacer el paso	0,015	0,020	0,030
Cementar	0,020	0,030	0,040
Girar	0,020	0,030	0,050
Soldar (sin incluir "colocar")	0,030	0,050	

C ó Co = Coger o Colocar una pieza
C2 o Co2 = Coger o Colocar dos piezas (una con cada mano) simultáneamente
Andar = Transporte en vacío y transporte con carga, de 90 a 210 cm. de distancia

FIG. 273.—Hoja para el cálculo de tiempos tipo para el montaje de un hornillo. Reverso.

12) coge el destornillador mecánico (mientras tanto, la mano izquierda ha empujado el montaje a la posición adecuada debajo del destornillador mecánico), y luego
13) la mano derecha coloca el destornillador mecánico sobre el pasador y la tuerca y
14) hace funcionar el destornillador mecánico. Cuando la mano derecha
15) suelta el destornillador mecánico, la mano izquierda levanta el montaje de la mesa. Entonces la mano derecha
16) coge el montaje y
17) lo coloca en una pila de montajes acabados, a la derecha del lugar de trabajo, y regresa luego vacía.

Procedimiento.

1. *Registrar todos los datos pertinentes de la operación.*
   a) En el anverso o *lado del resumen* de la hoja de cálculos (véase Fig. 272), anotar en los sitios indicados: el departamento, número del mismo, nombre del analista, número del dibujo del montaje, la fecha y el nombre del encargado correspondiente.
   b) Hacer igualmente una lista del equipo y de todas las piezas previstas para la operación, anotándolo bajo el epígrafe *Equipo,* con la posición de cada artículo en el esquema.
   c) En el reverso de la hoja, escribir un título o descripción breve de la operación en la sección encabezada *Operación* (sección 1 de la Fig. 273).

2. *Analizar el ciclo de montaje.*
   a) Reducir la operación a una sucesión de elementos más simples basados en una combinación de *conseguir y colocar* o de *conseguir, colocar, usar y dejar a un lado* para cada pieza y herramienta del ciclo.
   b) Hacer una lista con estos elementos en el reverso de la hoja (sección 2, Fig. 273), bajo *Elementos de la operación.*
   c) Analizar sucesivamente cada uno de estos elementos. Valorar para cada elemento cualquiera de las cualidades o peculiaridades inherentes al diseño o preparación y determinar la clasificación apropiada para cada uno en relación con las definiciones de las clases.
   d) Marcar la clase apropiada en las casillas correspondientes a cada elemento de montaje (secciones 3 y 5).
   e) Marcar en la sección 4 aquellos elementos que comprenden distancias de transporte superiores al máximo admitido para la clase.

   f) Analizar la totalidad del montaje y observar si es necesario realizar alguna inspección antes, durante o después del montaje y, en caso afirmativo, indicar la frecuencia probable de la misma.
   g) Analizar la instalación o preparación para poner los suplementos por aprovisionamiento de piezas grandes y pequeñas. Hacer las anotaciones necesarias.

3. *Calcular el tiempo de montaje.*
   a) Sumar las marcas de comprobación de cada columna en las secciones 3, 4 y 5 (véase Fig. 273).
   b) Multiplicar el tiempo tipo de cada una por el número de marcas de dicha columna.
   c) Totalizar los resultados y anotarlos en la columna 6.

4. *Cálculo del tiempo tipo.*
   a) El tiempo total para un ciclo de montaje, al pie de la columna 6 (véase Fig. 273), se pasa a la página de resumen (véase figura 272), a continuación de *tiempo total;* en este caso, 0,434 minutos.
   b) El suplemento para aprovisionar se calcula en dos partes:
      1) Las dos piezas grandes se sacan de dos cajas que contienen 20 piezas cada una. Los valores correspondientes se colocan en la fórmula de la página de resumen (figura 272):

$$\frac{(0{,}40 \text{ minutos} \times \text{núm. de cajas})}{(\text{Número de piezas por caja})} = \text{tiempo por ciclo.}$$

Se calcula y anota el tiempo por ciclo:

$$\left(\frac{0{,}40 \times 2}{20} = 0{,}040 \text{ minutos.}\right)$$

      2) El de aprovisionamiento de piezas pequeñas, tuercas y pasadores se hace sobre una base de porcentaje. Por esta causa se añade un 2 por 100 al suplemento de fatiga y personal del operario.

   c) Al tiempo total *(a)* se le añade el tiempo por ciclo para mover las cajas. La suma de estos dos valores se pasa al centro de la cuarta línea (0,434 + 0,040 = 0,474 minutos).
   d) A la derecha de la tercera línea se anota entonces el porcentaje total de suplementos, personal, por fatiga y por otras causas, dado al operario. En el caso presente, el porcentaje

total es del 10 por 100, del cual 8 por 100 corresponde al suplemento personal y por fatiga, y el otro 2 por 100 al aprovisionamiento de piezas.

e) Se añade este porcentaje *(d)* al tiempo total *(c)* y se pasa esta suma en minutos a la derecha de la cuarta línea, al lado de *tiempo tipo.*

$$0{,}474 + (0{,}10 \times 0{,}474) = 0{,}474 + 0{,}047 = 0{,}521 \text{ minutos.}$$

DETALLES DEL ANALISIS

nálisis del ciclo.—En la descripción del ciclo se ha esquematiza- operación en forma de fases. Dividiendo este esquema en *elemen- 'e la operación,* de la manera apropiada para registrarlos en el ;o de la hoja de cálculos (véase Fig. 273), tenemos:

Coger [1] y colocar [2] parrilla en la mesa.
Coger [3] y colocar [4] el anillo de porcelana sobre la parrilla.
Coger y colocar [5] los conductores eléctricos. Solo ajustarlos. (Esta es una operación sencilla de posición y ajuste.)
Coger [6] y colocar [7] tapa.
Coger [8], colocar y comenzar a atornillar el pasador [9].
Coger [10], colocar y comenzar a atornillar la tuerca [11].
Coger [12], colocar [13], utilizar [14] y dejar [15] el destornillador mecánico.
Coger [16] y dejar a un lado [17] el montaje.
Inspeccionar las piezas de fundición de las parrillas (incluido en [2]). El elemento de inspección permanece separado de los elementos del ciclo porque circunstancias no corrientes pueden alterar su importancia de cuando en cuando. En este caso particular, la inspección es del 100 por 100.

ıálisis de elementos de la operación.—Se acaban de llenar la ın 1 (operación) y la sección 2 (elementos de la operación) del ınalítico de la hoja de cálculos (véase Fig. 273). A continuación el método de valorar cada elemento. En el ejemplo presente se ın las letras *C, Co, D* y *R* en lugar de unas marcas de comproba- a fin de dar más claridad a la exposición. Indican la naturaleza marca y significan, respectivamente, conseguir, colocar, dejar y .

Coger y colocar la pieza de fundición de la parrilla sobre el lugar de trabajo.

Coger.—La pieza de fundición de la parrilla se obtiene de una caja situada a la izquierda del operario. La distancia al lugar

de trabajo es de 76 cm. La parrilla es una pieza grande que se encuentra recostada sobre otras. Esto es un coger de Clase 3, porque se suministran de forma que se facilite el movimiento.
Anotar *C* y *Co,* Clase 3, 0,021 minutos.

Colocar.—Se coloca la parrilla hacia abajo sobre el lugar de trabajo y con el gozne hacia el operario. Esto es un colocar de Clase 3, ya que no se suministran las parrillas de forma que permitan esta posición automáticamente, así que, aunque la pieza no va dentro de una plantilla, se prefiere la Clase 3 a la Clase 2.
Anotar *C* y *Co,* Clase 3, 0,021 minutos.
Como se suministra la parrilla a 76 cm, se necesita un suplemento por transporte en vacío y transporte con carga.
Anotar transporte en vacío y transporte con carga por encima de 60 cm hasta 90 cm, 0,012 minutos.

2. *Coger y colocar el anillo de porcelana sobre la parrilla.*

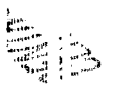
Coger.—Las unidades de porcelana las suministra el operario anterior, que las apila en montones de cinco a seis, a 51 cm del lugar de trabajo. No hay ninguna dificultad en coger la unidad, por lo que estamos en presencia de la Clase 2, coger cuando hay una cantidad de piezas, pero no enredadas ni de difícil separación.
Anotar *C* y *Co,* Clase 2, 0,013 minutos.

Colocar.—Se coloca el anillo de porcelana sobre la pieza de fundición de la parrilla, alineando dos cavidades del anillo con dos salientes de la parrilla. Las unidades de porcelana se suministran siempre con el lado correcto hacia arriba. Esto es colocar en Clase 5, porque la pieza está guiada por ambas manos a una posición que comprende dos puntos de referencia.
Anotar 0,036 minutos en *Co,* Clase 5.

3. *Coger y colocar los terminales.*

Esto es un mero ajuste de terminales, montados ya al anillo de porcelana, para facilitar la siguiente operación de montaje.

Coger.—La mano izquierda coge los dos terminales, que apuntan hacia el operario, lo que permite cogerlos fácilmente. Un coger sencillo, Clase 1. Anotar 0,007 minutos en *C* y *Co,* Clase 1.



Colocar.—La mano izquierda eleva los terminales hasta una posición vertical y los endereza a medida que se deslizan entre los dedos. Un colocar sencillo en Clase 1.
Anotar 0,007 minutos en *C* y *Co,* Clase 1.

4. *Coger y colocar tapa.*

Coger.—Las tapas se obtienen de una caja a la derecha del operario y a una distancia de 76 cm del lugar de trabajo. La tapa es grande y está apilada o recostada sobre otras. Esto es un coger de Clase 3, porque no se suministran las piezas para facilitar el movimiento, como en la Clase 2.
Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Colocar.—Se coloca la tapa sobre los terminales verticales de la unidad (un punto de referencia) y se sitúa con ambas manos sobre el montaje, alineando dos agujeros de la tapa con dos salientes del anillo de porcelana (segundo y tercer punto de referencia). Las piezas grandes colocadas con ambas manos y tres puntos de referencia para el montaje requieren colocar de Clase 6.
Anotar 0,048 minutos en *Co* Clase 6.
Como la tapa se suministra a 76 cm, se necesita un transporte en vacío y uno con carga adicionales.
Anotar 0,012 minutos por transporte en vacío y con carga por encima de 60 cm y hasta 90 cm.

5. *Coger, colocar y comenzar a roscar el pasador.*

Coger.—Los tornillos, tuercas y otros herrajes que no se enredan se suelen suministrar normalmente para coger de Clase 2. En el caso presente, no se instalaron bandejas bien diseñadas para los pasadores. El movimiento viene estorbado por el tamaño y forma de los recipientes y se usa el coger de Clase 3.
Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Colocar.—El pasador se introduce, a través de un orificio grande de la tapa, en un agujero roscado de la parrilla. El pasador y el agujero roscado están diseñados para facilitar el montaje, por lo que correspondería Clase 2 normalmente; pero la dificultad de pasarlo por el agujero de la tapa justifica el uso de la Clase 3. Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Comenzar a roscar.—El colocar corresponde a la introducción del pasador, pero la rigidez requiere una vuelta adicional del mismo. Considérese un coger y colocar sencillo, Clase 1, para darle al pasador una o dos vueltas.
Anotar *dos veces* 0,007 minutos en *C* y *Co,* Clase 1.

6. *Coger, colocar y comenzar a roscar la tuerca.*

Coger.—La tuerca se suministra también en un recipiente no apropiado, por lo que, por igual causa que en 5, se trata de un coger de Clase 3.
Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Colocar.—La tuerca necesita tanta orientación como el pasador; pero, además, ha de estar perpendicular al pasador en el momento de comenzar a roscar. Este elemento es generalmente de Clase 3.
Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Comenzar a roscar.—Anotar *dos veces* *C* y *Co,* por la misma razón que anteriormente en 5.

7. *Coger, colocar, utilizar y dejar el destornillador mecánico.*

Coger.—El destornillador mecánico está suspendido sobre el lugar de trabajo, con lo que se tiene una facilidad de coger casi perfecta. Esto es de Clase 1. No obstante, la mano izquierda está poniendo el montaje en posición durante el movimiento de coger, por lo que se trata realmente de un coger *simultáneo* de Clase 1.
Anotar 0,010 minutos en *C2,* Clase 1.

Colocar.—Colocar el destornillador mecánico sobre el pasador y la tuerca requiere orientar el destornillador en dos direcciones. (Definición de la Clase 3.)
Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

Usar.—El roscado de pasador y tuerca con el destornillador mecánico se ha determinado sobre una base media y se ha incluido una columna separada para este elemento.
Anotar 0,020 minutos en tiempos de proceso, destornillador mecánico.

Dejar.—Como el destornillador mecánico está suspendido de un muelle, dejarlo es un movimiento sencillo de acercar a posición y soltar. Esto es un colocar en Clase 1.
Anotar 0,007 minutos en *C* y *Co,* Clase 1.

8. *Coger y dejar a un lado el montaje.*

Coger.—La mano izquierda ha estado sosteniendo el montaje durante la utilización del destornillador mecánico. Mientras la mano derecha deja el destornillador, la izquierda eleva el montaje, poniéndolo en posición para ser cogido. Esto es necesario porque el montaje progresivo se mueve de izquierda a derecha y el montaje acabado se apila a la derecha. Como se pone el montaje en posición previa para ser cogido, este movimiento es de Clase I.

Anotar 0,007 minutos en *C* y *Co,* Clase 1.

Dejar a un lado.—El montaje se coloca sobre un montón de otros acabados anteriormente. Esto requiere una posición precisa y una orientación definida. Utilizar colocar en Clase 3.

Anotar 0,021 minutos en *C* y *Co,* Clase 3.

La distancia para dejar a un lado es superior a 60 cm, por lo que hay que anotar 0,012 minutos por el transporte en vacío y el transporte con carga por encima de 60 cm hasta 90 cm.

9. *Inspeccionar las piezas de fundición de las parrillas, inspección 100 por 100.*

En cada ciclo es necesario hacer una inspección rápida de las piezas de fundición de las parrillas. Este elemento es una adición al elemento colocar [1] y ha sido valorado en valores de tiempo de *therblig.*

	Minutos
1) *Examinar el agujero roscado de la pieza de fundición:*	
a) Enfocar los ojos al agujero	0,002
b) Examinar el agujero	0,003
2) *Examinar los bordes buscando marcas de rectificado y la cara para ver su limpieza:*	
a) Darle la vuelta a la pieza	0,003
b) Enfocar los ojos tres veces (3 × 0,002)	0,006
c) Examinar tres puntos (3 × 0,003)	0,009
d) Darle la vuelta a la pieza	0,003
TOTAL	0,026

CAPITULO XXXII

SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS: SISTEMA DE FACTORES DE TRABAJO (WORK-FACTOR SYSTEM) MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS METODOS (METHODS-TIME MEASUREMENT) ESTUDIO DE TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS (BASIC MOTION TIMESTUDY)

SISTEMA DE FACTORES DE TRABAJO

El sistema de factores de trabajo (1) fue uno de los primeros sistemas de tiempos predeterminados que encontró uso muy general. Su primera aplicación real en la industria acaeció en 1938 y los valores de tiempos se publicaron por primera vez en 1945 (2).

Con este sistema se hace posible determinar el tiempo normal o tiempo seleccionado para tareas manuales, empleando datos de tiempos de movimientos. En primer lugar, se hace un detallado análisis de cada tarea, basado en la identificación de las cuatro principales variables del trabajo y empleando factores de trabajo como unidad de medida; a continuación se aplica a cada movimiento el adecuado tiempo tipo, según la tabla de valores de tiempos de movimientos.

Un movimiento básico se define como aquel que exige la mínima cantidad de dificultad o de precisión para una combinación de miembros del cuerpo y de distancia dada; por ejemplo, arrojar un tornillo a una caja. El factor de trabajo es una unidad que se emplea como índice del tiempo que ha de añadirse al tiempo básico cuando en los movimientos que se realizan intervienen las variables siguientes: 1) Control manual. 2) Peso o resistencia.

Las cuatro variables principales.—Según el sistema de factores de trabajo, hay cuatro variables principales que afectan al tiempo nece-

(1) Reproducido, con autorización, de *Work-Factor Time Standards,* por Joseph H. Quick, James Duncan y James A. Malcolm, Jr., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1962. Véase también "The Work-Factor System", por Joseph H. Quick, James H. Duncan y James A. Malcolm, Jr., *Industrial Engineering Handbook,* Harold B. Maynard (dir. de ed.), McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1956, págs. 4-40 a 4-90.

(2) J. H. QUICK, W. J. SHEA y R. E. KOEHLER, "Motion-Time Standards", *Factory Management and Maintenance,* vol. 103, núm. 5. págs. 97-108, mayo 1945.

Tabla XLIII.—Tabla de factores de trabajo * de tiempos de movimientos para análisis detallado

(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

Distancia recorrida (en cm)	Movimiento básico	Factores de trabajo 1	2	3	4
(A) Brazo - Medido hasta los nudillos					
2,5	18	26	34	40	46
5,1	20	29	37	44	50
7,6	22	32	41	50	57
10,2	26	38	48	58	66
12,7	29	43	55	65	75
15,2	32	47	60	72	83
17,8	35	51	65	78	90
20,3	38	54	70	84	96
22,9	40	58	74	89	102
25,4	42	61	78	93	107
27,9	44	63	81	98	112
30,5	46	65	85	102	117
33	47	67	88	105	121
35,6	49	69	90	109	125
38,1	51	71	92	113	129
40,6	52	73	94	115	133
43,2	54	75	96	118	137
45,7	55	76	98	120	140
48,3	56	78	100	122	142
50,8	58	80	102	124	144
55,9	61	83	106	128	148
61	63	86	109	131	152
66	66	90	113	135	156
71,1	68	93	116	139	159
76,2	70	96	119	142	163
88,9	76	103	128	151	171
101,6	81	109	135	159	179
Peso en Kg. Hombre	0,91	3,18	5,90	9,1	Mayor
Peso en Kg. Mujer	0,45	1,6	2,95	4,5	Mayor

Distancia recorrida (en cm)	Movimiento básico	Factores de trabajo 1	2	3	4
(L) Pierna - Medida hasta el tobillo					
2,5	21	30	39	46	53
5,1	23	33	42	51	58
7,6	26	37	48	57	65
10,2	30	43	55	66	76
12,7	34	49	63	75	86
15,2	37	54	69	83	95
17,8	40	59	75	90	103
20,3	43	63	80	96	110
22,9	46	66	85	102	117
25,4	48	70	89	107	123
27,9	50	72	94	112	129
30,5	52	75	97	117	134
33	54	77	101	121	139
35,6	56	80	103	125	144
38,1	58	82	106	130	149
40,6	60	84	108	133	153
43,2	62	86	111	135	158
45,7	63	88	113	137	161
48,3	65	90	115	140	164
50,8	67	92	117	142	166
55,9	70	96	121	147	171
61	73	99	126	151	175
66	75	103	130	155	179
71,1	78	107	134	159	183
76,2	81	110	137	163	187
88,9	87	118	147	173	197
101,6	93	126	155	182	206
Peso en Kg. Hombre	3,6	19,1	Mayor	—	—
Peso en Kg. Mujer	1,8	9,5	Mayor	—	—

Tabla XLIII. (Continuación.)

Distancia recorrida (en cm)	Movimiento básico	Factores de trabajo 1	2	3	4
(T) Tronco - Medido hasta el hombro					
2,5	26	38	49	58	67
5,1	29	42	53	64	73
7,6	32	47	60	72	82
10,2	38	55	70	84	96
12,7	43	62	79	95	109
15,2	47	68	87	105	120
17,8	51	74	95	114	130
20,3	54	79	101	121	139
22,9	58	84	107	128	147
25,4	61	88	113	135	155
27,9	63	91	118	141	162
30,5	66	94	123	147	169
33	68	97	127	153	175
35,6	71	100	130	158	182
38,1	73	103	133	163	188
40,6	75	105	136	167	193
43,2	78	108	139	170	199
45,7	80	111	142	173	203
48,3	82	113	145	176	206
50,8	84	116	148	179	209
Peso en Kg. Hombre	5	26,3	Mayor	—	—
Peso en Kg. Mujer	2,5	13,1	Mayor	—	—

Distancia recorrida (en cm)	Movimiento básico	Factores de trabajo 1	2	3	4
(F, H) Dedo, mano-Medido hasta la punta de los dedos					
2,5	16	23	29	35	40
5,1	17	25	32	38	44
7,6	19	28	36	43	49
10,2	23	33	42	50	58
Peso en Kg. Hombre	0,3	1,1	1,8	Mayor	—
Peso en Kg. Mujer	0,15	0,8	1,8	Mayor	—
(FT) Pie - Medido hasta el dedo					
2,5	20	29	37	44	51
5,1	22	32	40	48	55
7,6	24	35	45	55	63
10,2	29	41	53	64	73
Peso en Kg. Hombre	2,3	10	Mayor	—	—
Peso en Kg. Mujer	1,1	5	Mayor	—	—
(FS) Giro del antebrazo - Medido hasta los nudillos					
45°	17	22	28	32	37
90°	23	30	37	43	49
135°	28	36	44	52	58
180°	31	40	49	57	65
Impulso Kg. cm. Hombre	3,45	15	Mayor	—	—
Impulso Kg. cm. Mujer	1,7	7,5	Mayor	—	—

Factores de trabajo: Símbolos

- W — Peso o resistencia
- S — Control de dirección
- P — Cuidado (precaución)
- U — Cambio de dirección
- D — Parada fija

Tiempo para andar

Tipo	Pasos de 76 cm: 1	2	Superior a 2
General	Análisis a partir de la tabla	260	120 + 80/Paso
Restringido		300	120 + 100/Paso

Sumar 100 para giros de 120°-180° al comienzo o al final

Paso hacia arriba (escalón de 20 cm. de altura y 25 de huella)	126
Paso hacia abajo	100

Inspección visual

Foco	20
Inspección	30/Punto
Reacción	20

Giro de cabeza 45°, 40; 90°, 60

Unidad de tiempo = 0,006 seg.
= 0,000 1 minutos.
= 0,000 001 67 horas.

* Work-Factor (Factor de Trabajo) es una marca registrada de la Work-Factor Company. Todas las tablas son propiedad de la Work-Factor Company y se han reproducido con su autorización.

sario para la ejecución de tareas manuales: 1) Miembro del cuerpo empleado, identificado mediante una precisa definición. 2) Distancia del movimiento, medida en centímetros. 3) Control manual necesario, medido en factores de trabajo, definidos o dimensionales; y 4) Peso o resistencia a vencer, medido en kilogramos y convertido en factores de trabajo.

Miembros del cuerpo.—En este sistema se reconocen seis miembros definidos del cuerpo, dándose los tiempos de los movimientos para cada uno de ellos (tabla XLIII): dedo o mano, brazo, giro del antebrazo, tronco, pie y pierna.

Distancia.—Todas las distancias, excepto cuando se verifica un cambio de dirección, se miden según la recta definida por los puntos de comienzo y fin del arco que el miembro del cuerpo describe durante su movimiento. En la tabla XLIII se da el punto al que debe referirse la distancia, según los diversos miembros del cuerpo.

Control manual.—La siguiente clasificación de los tipos y grados de control refleja las dificultades existentes: Factor de trabajo de parada fija, Factor de trabajo de control direccional (Gobierno o rumbo), Factor de trabajo de atención (Precaución) y Factor de trabajo de cambio de dirección.

Peso o resistencia.—El efecto del peso sobre el tiempo varía con: 1) El miembro del cuerpo que se utilice; y 2) El sexo del operario. Las dos variables distancia y miembro del cuerpo se miden en términos de unidades de longitud y miembro empleado, respectivamente. No están modificadas o afectadas por los factores de trabajo.

Para facilitar la comprensión del principio del Factor de trabajo, debe éste considerarse meramente como un medio de describir el movimiento según la magnitud de control o peso (o resistencia) que exija su ejecución.

Puesto que el valor de un factor de trabajo ya se ha tabulado, expresado en tiempo, no queda al analista más que familiarizarse con las dimensiones y reglas específicas necesarias para determinar el número de factores de trabajo comprendidos en un movimiento dado. Como el movimiento más sencillo o básico no comprende factores de trabajo, es evidente que a medida que es más complejo un movimiento, se añaden a él factores de trabajo y, por consiguiente, tiempo.

Tabla de factores de trabajo de los tiempos de movimientos.—En la tabla XLIII figuran todos los valores de factores de trabajo correspondientes a los tiempos de movimientos, dispuestos de tal manera que, una vez identificado un movimiento según las cuatro variables principales, es posible seleccionar rápidamente el valor del tiempo que le corresponde.

Elementos-tipo de trabajo.—En este sistema se reconocen los siguientes elementos-tipo de trabajo:

1. Transporte (Dirigirse a y Mover) (TRP).
2. Coger (GR).
3. Dejar en posición (PP).
4. Montar (ASY).
5. Utilizar (Manual, Proceso o Tiempo de máquina) (US).
6. Desmontar (DSY).
7. Proceso mental (MP).
8. Dejar carga (RL).

Notaciones.—Los símbolos empleados para los miembros del cuerpo y factores de trabajo se indican en la figura 274.

Miembros del cuerpo	Símbolo	Factores de trabajo	Símbolo
Dedo	F	Peso o resistencia	W
Mano	H	Control de dirección (Gobierno)	S
Brazo	A	Cuidado (Precaución)	P
Giro del antebrazo	FS	Cambio de dirección	U
Tronco	T	Parada fija	D
Pie	FT		
Pierna	L		
Giro de cabeza	HT		

FIG. 274.—Símbolos para miembros del cuerpo y Factores de trabajo.

Registro del análisis.—Para registrar el análisis del movimiento se emplean símbolos, en los que primero se indican las partes del cuerpo, después la distancia recorrida y, por último, el factor de trabajo. Por ejemplo:

Descripción del movimiento	Análisis del movimiento	Tiempo, en minutos
1. Arrojar una pieza pequeña a 25 centímetros. (Movimiento básico.)	A25	0,0042
2. Dirigirse hacia un tornillo de un depósito, a 50 centímetros. (Movimiento con parada fija.)	A50D	0,0080
3. Mover un ladrillo, de 0,9 Kg, 76 cm desde la pila hasta colocarlo sobre la mesa de trabajo. (Peso, movimiento con parada fija.)	A76WD	0,0119

Ejemplo.—En la figura 275 se representa el análisis de los movimientos necesarios para retirar la pluma del soporte, hacer una X

TABLA XLIV.—FACTORES DE TRABAJO PARA "COGER"

De objetos desordenados

TAMAÑO (Dimensión mayor o longitud) *mm.*	ESPESOR DE SOLIDOS (Más de 1,19 mm) Ciego sim.	Vis. sim.	OBJETOS PLANOS Y DELGADOS — ESPESOR (Menos de 0,4 mm) Ciego sim.	Vis. sim.	(0,41 a 1,19 mm) Ciego sim.	Vis. sim.	CILINDROS Y SOLIDOS DE SECCION TRANSVERSAL REGULAR — DIAMETRO 0 a 1,59 mm Ciego sim.	1,60 a 3,18 Ciego sim.	3,19 a 4,76 Ciego sim.	3,77 a 12,7 Ciego sim.	Vis. sim.	12,71 y más Ciego sim.	Vis. sim.	Suplemento para objetos enredados, encajados o resbaladizos Simo
0 a 1,59	120 172	B B	— —	— —	131 189	B B	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	17 26
1,60 a 3,18	79 111	B B	108 154	B B	85 120	B B	85 120	S S	S S	S S	S S	S S	S S	12 18
3,19 a 4,76	64 88	B B	102 145	B B	74 103	B B	79 111	74 103	S S	S S	S S	S S	S S	12 18
4,77 a 6,35	48 64	B B	72 100	B B	56 76	B B	79 111	68 94	64 88	S S	S S	S S	S S	8 12
6,36 a 12,7	40 52	B B	64 88	B B	48 64	B B	62 85	56 76	56 76	44 58	B B	S S	S S	8 12
12,71 a 25,4	40 52	32 40	64 88	60 82	48 64	44 58	62 85	56 76	48 64	48 64	44 58	40 52	32 40	8 12
25,41 a 101,6	37 48	20 22	53 72	36 46	45 60	28 34	56 76	48 64	40 52	40 52	36 46	37 48	20 22	8 12
101,61 y más	46 61	20 22	70 97	44 58	62 85	36 46	56 76	48 64	40 52	40 52	36 46	37 48	20 22	9 14

B = Empléese la columna «ciego» cuando no sea ventajoso un «coger» visual. S = Emplear la columna para sólidos.

Añadir los suplementos indicados cuando los objetos: (a) están enredados (no se precisan ambas manos para separarlos); están encajados entre sí a causa de su forma geométrica o de las características de su superficie; (c) son resbaladizos, por estar su superficie pulida o engrasada. Cuando los objetos se presenten a la vez enredados y resbaladizos, o encajados y resbaladizos, se empleará el doble del valor de la tabla.

NOTA: Las condiciones especiales de coger deben analizarse detalladamente.

TABLA XLIV. *(Continuación.)*

Distancia entre agujeros

Distancia entre agujeros (en mm)	% a sumar a las alineaciones	Método de alineación
0 - 2,53	Desdeñable	Simo
2,54 - 50,7	10 %	Simo
50,8 - 76,1	30 %	Simo
76,2 - 126	50 %	Simo
127 - 177,7	70 %	Simo
177,8 - 380,9	1.ª alineación, 1.er encaje, 2.ª alineación (1), 2.º encaje	
381 y más	1.ª alineación, 1.er encaje, Enfocar e Inspeccionar, 2.ª alineación (1), 2.º encaje	

(1) Si están unidos, considerar el 2.º montaje como agujero abierto sin movimiento vertical

Agujeros ciegos

Distancia del agujero al área visible (en mm)	% a sumar a las alineaciones: Permanente (ciego todas las veces)	Provisional (ciego durante el montaje)
0 — 12,6	20 %	0 %
12,7 — 25,3	30 %	10 %
25,4 — 50,7	40 %	20 %
50,8 — 76,1	70 %	30 %
76,2 — 126,9	130 %	50 %
127 — 177,7	250 %	70 %
177,8 — 254	380 %	120 %

Distancia de sujeción

Distancia del punto de sujeción al de alineación (en mm)	% a sumar a las alineaciones	Longitud del movimiento vertical (en mm)
0 - 50,7	Desdeñable	25,4
50,8 - 76,1	10 %	25,4
76,2 - 126,9	20 %	50,8
127 - 177,7	30 %	50,8
177,8 - 253,9	40 %	76,2
254 - 380,9	60 %	127,0
381 - 507,9	80 %	152,4
508 y más	100 %	177,8 y más

Reglas generales para montaje

1. Cuando sea necesario, se sumarán los Factores de trabajo W y P a los movimientos de montaje, de acuerdo con las reglas para transportes.
2. Cuando la mano esté rígidamente apoyada, se reducirá el número de alineaciones al 50 %.
3. Cuando estén comprendidos distancia de sujeción, dos agujeros y agujeros ciegos, se sumará cada porcentaje a la alineación original. Los porcentajes no se superponen.
4. Las alineaciones para montaje de superficie se toman de la columna 0,224 y son movimientos AISD.
5. El índice es FIS, AIS o FS45ºS.

TABLA XLV.—FACTORES DE TRABAJO PARA MONTAJES

Número medio de alineaciones (Movimientos A1S)

DIAMETRO DEL AGUJERO	AGUJEROS CERRADOS — Relación entre el diámetro del eje y el del agujero						AGUJEROS ABIERTOS — Relación entre el diámetro del eje y el del agujero					
	Hasta 0,224	0,225 a 0,289	0,290 a 0,414	0,415 a 0,899	0,900 a 0,934	0,935 a 1,000	Hasta 0,224	0,225 a 0,289	0,290 a 0,414	0,415 a 0,899	0,900 a 0,934	0,935 a 1,000
22,2 y más	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(1/4) 25	(1/4**) 51	(1/4***) 59	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(1/4**) 51	(1/4***) 59
15,87 a 22,1	(D*) 18	(D*) 18	(SD*) 18	(1/4) 25	(1/4**) 51	(1/4***) 59	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(SD*) 18	(1/4**) 51	(1/4***) 59
9,52 a 15,86	(SD*) 18	(SD*) 18	(1/4) 25	(1/2) 31	(1/2**) 57	(1/2***) 65	(SD*) 18	(SD*) 18	(SD*) 18	(1/2) 31	(1/2**) 57	(1/2***) 65
5,71 a 9,51	(1/2) 31	(1) 44	(1) 44	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(1/4) 25	(1/2) 31	(1/2) 31	(3/4) 38	(3/4**) 64	(3/4***) 72
4,44 a 5,70	(1) 44	(1) 44	(1) 44	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(1/2) 31	(1/2) 31	(1/2) 31	(3/4) 38	(3/4**) 64	(3/4***) 72
3,17 a 4,43	(1) 44	(1 1/4) 51	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(3/4) 38	(1) 44	(1) 44	(1) 44	(1**) 70	(1***) 78
1,91 a 3,16	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2**) 109	(2 1/2***) 117	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4**) 77	(1 1/4***) 85
0,63 a 1,90	(3) 96	(3) 96	(3) 96	(3) 96	(3***) 122	(3***) 130	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91

* Las letras indican factores de trabajo relativos a movimientos que preceden al montaje.

** Para todas las relaciones de 0,900 y más se requiere A(X)S vertical. (En las Tablas se incluye A1S vertical.)

*** Para todas las relaciones de 0,935 y mayores se requiere A(Y)S vertical y A(Z)P encajar. (En los valores de las Tablas están incluidos A1S vertical y A1P encajar.)

TABLA XLV.—FACTORES DE TRABAJO PARA MONTAJES

Número medio de alineaciones (Movimientos A1S)

DIAMETRO DEL AGUJERO	AGUJEROS CERRADOS — Relación entre el diámetro del eje y el del agujero						AGUJEROS ABIERTOS — Relación entre el diámetro del eje y el del agujero					
	Hasta 0,224	0,225 a 0,289	0,290 a 0,414	0,415 a 0,899	0,900 a 0,934	0,935 a 1,000	Hasta 0,224	0,225 a 0,289	0,290 a 0,414	0,415 a 0,899	0,900 a 0,934	0,935 a 1,000
22,2 y más	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(1/4) 25	(1/4**) 51	(1/4***) 59	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(1/4**) 51	(1/4***) 59
15,87 a 22,1	(D*) 18	(D*) 18	(SD*) 18	(1/4) 25	(1/4**) 51	(1/4***) 59	(D*) 18	(D*) 18	(D*) 18	(SD*) 18	(1/4**) 51	(1/4***) 59
9,52 a 15,86	(SD*) 18	(SD*) 18	(1/4) 25	(1/2) 31	(1/2**) 57	(1/2***) 65	(SD*) 18	(SD*) 18	(SD*) 18	(1/2) 31	(1/2**) 57	(1/2***) 65
5,71 a 9,51	(1/2) 31	(1) 44	(1) 44	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(1/4) 25	(1/2) 31	(1/2) 31	(3/4) 38	(3/4**) 64	(3/4***) 72
4,44 a 5,70	(1) 44	(1) 44	(1) 44	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(1/2) 31	(1/2) 31	(1/2) 31	(3/4) 38	(3/4**) 64	(3/4***) 72
3,17 a 4,43	(1) 44	(1 1/4) 51	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91	(3/4) 38	(1) 44	(1) 44	(1) 44	(1**) 70	(1***) 78
1,91 a 3,16	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2) 83	(2 1/2**) 109	(2 1/2***) 117	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4) 51	(1 1/4**) 77	(1 1/4***) 85
0,63 a 1,90	(3) 96	(3) 96	(3) 96	(3) 96	(3***) 122	(3***) 130	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2) 57	(1 1/2**) 83	(1 1/2***) 91

* Las letras indican factores de trabajo relativos a movimientos que preceden al montaje.

** Para todas las relaciones de 0,900 y más se requiere A(X)S vertical. (En las Tablas se incluye A1S vertical.)

*** Para todas las relaciones de 0,935 y mayores se requiere A(Y)S vertical y A(Z)P encajar. (En los valores de las Tablas están incluidos A1S vertical y A1P encajar.)

sobre el papel, colocar nuevamente la pluma en el tintero y volver la mano al papel. El soporte de la pluma está colocado a unos 30 centímetros del centro de la zona de escritura.

Sistema abreviado y simplificado de factores de trabajo.—Los tiempos tipo pueden fijarse por cualquiera de los tres sistemas siguientes de factores de trabajo: Detallado, Simplificado y Abreviado. El sistema detallado se describió en los párrafos anteriores. Hay algunos casos en los que no se justifica su empleo, tales como las operaciones de ciclos largos y los estudios para estimación de costes. El sistema simplificado se basa en valores medios adecuados del sistema detallado, lo que permite al analista aplicar los datos con mayor rapidez. Cuando se aplica el sistema simplificado a operaciones para las que es adecuado, puede esperarse obtener unos valores de tiempo seleccionado que difieren de un 0 a un 5 por 100, por exceso, de los obtenidos por el sistema detallado.

Nº del elemento	Descripción del elemento	Analisis del movimiento	Tiempo minutos
1	Dirigirse hacia la pluma (30 centímetros)	A30D	0,0065
2	Coger la pluma	1/2 F1	0,0008
3	Moverla hasta el papel (30 centímetros)	A30D	0,0065
4	Poner en posición la pluma sobre el papel	F1SD	0,0029
5	Hacer el primer trazo de una X	F1D	0,0023
6	Poner en posición la pluma para el segundo trazo	F1D	0,0023
7	Hacer el segundo trazo de la X	F1D	0,0023
8	Trasladar la pluma al soporte (30 cm)	A30SD	0,0085
9	Alinearla en el soporte	1/4VA1S	0,0007
10	Montar la pluma en el soporte	F1P	0,0023
11	Dejar la pluma	1/2 F1	0,0008
12	Llevar el brazo al papel (30 cm)	A30D	0,0065
	Tiempo total		0,0424

FIG. 275.—Ejemplo de un análisis de Factores de trabajo.

El sistema abreviado se ideó para llenar la necesidad de un sistema muy sencillo de tiempos tipo predeterminados. Es un procedimiento rápido de medida, ya que en él se hace uso de una forma especial

de estudio de tiempos que contiene los datos de tiempos, con lo que es innecesario referirse a una tabla separada de valores de tiempos. En este sistema la unidad de tiempo es 0,005 minutos, en vez de 0,0001 minutos empleada en otros sistemas. Cuando se aplica correctamente a trabajos apropiados, la precisión media de este sistema es 12 por 100, en más o en menos, que con el sistema detallado.

MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS METODOS

El sistema de Medida del tiempo de los Métodos (MTM) (3) se desarrolló a partir del estudio de movimientos de las operaciones industriales mediante cámara cinematográfica y los tiempos tipo se publicaron por primera vez en 1948. Se define este sistema como un procedimiento en el cual se analiza toda operación o método manual con respecto a los movimientos básicos que se precisen para realizarlo, asignando a cada movimiento un tiempo tipo predeterminado, que es función de la naturaleza del movimiento y de las condiciones en las cuales se realiza.

En las tablas XLVI a LV se dan los tiempos de los movimientos para cada elemento básico. La unidad de tiempo empleada en ellas es la cienmilésima de hora (0,00001 hora) y se designa por la notación TMU (time-measurement unit). Una unidad de medida de tiempo, o TMU equivale a 0,0006 minutos.

Dirigirse hacia.—"Dirigirse hacia" es el elemento básico empleado cuando el objetivo predominante es mover la mano o el dedo hacia su destino. El tiempo para realizar un "dirigirse hacia" varía con los factores siguientes: 1) Condiciones (naturaleza del destino). 2) Longitud del movimiento; y 3) Tipo de "dirigirse hacia".

Clases de dirigirse hacia.—Hay cinco clases de "dirigirse hacia" (tabla XLVI). En el tiempo necesario para este elemento influye la naturaleza del objeto hacia el cual se dirige el movimiento.

Caso A: Dirigirse hacia un objeto que está en posición fija, o en la otra mano, o sobre el cual descansa la otra mano.

Caso B: Dirigirse hacia un objeto cuya situación general es conocida y puede variar ligeramente de un ciclo a otro.

(3) Reproducido con autorización de MTM Association for Standards and Research y de "Methods-Time Measurement", de HAROLD B. MAYNARD, G. J. STEGEMERTEN y JOHN L. SCHWAB, McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1948. Véase también "Methods-Time Measurement", de JOHN L. SCHWAB, *Industrial Engineering Handbook*, Harold B. Maynard, dir. de ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, págs. 4-14 a 4-39, 1956.

Caso C: Dirigirse hacia objetos mezclados en grupo con otros.

Caso D: Dirigirse hacia objetos muy pequeños o que es necesario coger con precisión.

Caso E: Dirigirse hacia una situación indeterminada, a fin de asegurar el equilibrio del cuerpo, para realizar el movimiento siguiente o para colocarla donde no estorbe.

La *longitud* de un movimiento es la verdadera trayectoria y no la línea recta definida por sus puntos extremos.

Hay que considerar tres *tipos* de "dirigirse hacia": 1) La mano no está en movimiento ni al comienzo ni al final del elemento. 2) La mano está en movimiento al comienzo o al final; y 3) La mano está en movimiento, tanto al comienzo como al final del elemento.

Mover.—"Mover" es el elemento básico utilizado cuando el objetivo predominante es transportar un objeto hasta su destino. Hay tres clases de mover:

Caso A: Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.

Caso B: Mover el objeto a una situación aproximada o indeterminada.

Caso C: Mover el objeto a una situación exacta.

El tiempo para mover está afectado por las variables siguientes: 1) Condición (naturaleza del destino). 2) Longitud del movimiento. 3) Tipo de "mover"; y 4) Factor peso, estático y dinámico.

En el tiempo para mover influye la *longitud*, lo mismo que en el de "dirigirse hacia", y los tres *tipos* de mover son los mismos que se han descrito para aquel elemento. Se requiere un tiempo adicional cuando se mueve un objeto o cuando se aplica una fuerza (superior a 1 kilo), como indica la tabla XLVII.

Girar.—Es el movimiento empleado para girar la mano, vacía o cargada, mediante un movimiento de rotación de la mano, muñeca y antebrazo, alrededor del eje de éste. El tiempo para girar depende de dos variables: 1) Grados de giro; y 2) Peso, según se indica en la tabla XLVIII.

Coger.—Es el elemento básico empleado cuando el objetivo preponderante es asegurar un control suficiente de uno o más objetos, con los dedos o con la mano, a fin de permitir la ejecución del elemento básico siguiente. Las clases de coger, con la descripción y los valores de tiempo de cada una de ellas, pueden verse en la tabla XLIX.

Poner en posición.—"Poner en posición" es el elemento básico utilizado para alinear, orientar y encajar un objeto con otro, siempre

Tabla XLVI.—Dirigirse hacia (Reach = R)

(Las tablas que siguen se deben a la amabilidad de M. T. M. Association)

Distancia recorrida (en mm)	Tiempo TMU A	B	C o D	E	Mano en movimiento A	B	Caso y descripcion
19 o menos	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	A Dirigirse hacia un objeto que está en una posición fija, o en la otra mano, o sobre el cual descansa la otra mano.
25,4	2,5	2,5	3,6	2,4	2,3	2,3	
50,8	4,0	4,0	5,9	3,8	3,5	2,7	
76,2	5,3	5,3	7,3	5,3	4,5	3,6	
101,6	6,1	6,4	8,4	6,8	4,9	4,3	B Dirigirse hacia un objeto cuya situación puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
127	6,5	7,8	9,4	7,4	5,3	5,0	
152,4	7,0	8,6	10,1	8,0	5,7	5,7	
177,8	7,4	9,3	10,8	8,7	6,1	6,5	
203,2	7,9	10,1	11,5	9,3	6,5	7,2	C Dirigirse hacia un objeto mezclado con otros, siendo necesario buscar y seleccionar.
228,6	8,3	10,8	12,2	9,9	6,9	7,9	
254	8,7	11,5	12,9	10,5	7,3	8,6	
304,8	9,6	12,9	14,2	11,8	8,1	10,1	
355,6	10,5	14,4	15,6	13,0	8,9	11,5	D Dirigirse hacia un objeto muy pequeño o que es necesario coger con precisión.
406,4	11,4	15,8	17,0	14,2	9,7	12,9	
457,2	12,3	17,2	18,4	15,5	10,5	14,4	
508	13,1	18,6	19,8	16,7	11,3	15,8	
558,8	14,0	20,1	21,2	18,0	12,1	17,3	E Dirigirse hacia una situación indeterminada a fin de asegurar el equilibrio del cuerpo, para realizar el movimiento siguiente, o para colocar la mano donde no estorbe.
609,6	14,9	21,5	22,5	19,2	12,9	18,8	
660,4	15,8	22,9	23,9	20,4	13,7	20,2	
711,2	16,7	24,4	25,3	21,7	14,5	21,7	
762	17,5	25,8	26,7	22,9	15,3	23,2	

Tabla XLVII.—Mover (Move = M)

Distancia recorrida (en mm)	Tiempo TMU A	B	C	Mano en movimiento B
19 o menos	2,0	2,0	2,0	1,7
25,4	2,5	2,9	3,4	2,3
50,8	3,6	4,6	5,2	2,9
76,2	4,9	5,7	6,7	3,6
101,6	6,1	6,9	8,0	4,3
127	7,3	8,0	9,2	5,0
152,4	8,1	8,9	10,3	5,7
177,8	8,9	9,7	11,1	6,5
203,2	9,7	10,6	11,8	7,2
228,6	10,5	11,5	12,7	7,9
254	11,3	12,2	13,5	8,6
304,8	12,9	13,4	15,2	10,0
355,6	14,4	14,6	16,9	11,4
406,4	16,0	15,8	18,7	12,8
457,2	17,6	17,0	20,4	14,2
508	19,2	18,2	22,1	15,6
558,8	20,8	19,4	23,8	17,0
609,6	22,4	20,6	25,5	18,4
660,4	24,0	21,8	27,3	19,8
711,2	25,5	23,1	29,0	21,2
762	27,1	24,3	30,7	22,7

Suplemento por peso

Peso (Kg) Más de	Factor	Constante TMU
1,13	0	0
3,40	1,06	2,2
5,67	1,11	3,9
7,90	1,17	5,6
10,20	1,22	7,4
12,47	1.28	9,1
29,48	1,33	10,8
17,0	1,39	12,5
19,28	1,44	14,3
21,55	1,50	16,0

Caso y descripcion

A Mover el objeto a la otra mano, o contra un tope.

B Mover el objeto hasta una situación aproximada o indeterminada.

C Mover el objeto hasta una situación exacta.

Tabla XLVIII.—Girar y aplicar presión (Turn and apply pressure = T y AP)

Peso Kg.		Tiempo TMU por grado de giro 30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño	0 a 0,91	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
Medio	0,95 a 4,54	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
Grande	4,6 a 15,9	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

Aplicar presión caso 1 - 16,2 TMU   Aplicar presión caso 2 - 10,6 TMU

Tabla XLIX.—Coger (Grasp = G)

Caso	Tiempo TMU	Descripcion
1A	2,0	Coger.—Objetos pequeños, medianos o grandes, aislados, y que pueden asirse fácilmente.
1B	3,5	Objetos muy pequeños o que yacen firmemente sobre una superficie plana.
1C1	7,3	Objetos aproximadamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro mayor de 12,7 mm.
1C2	8,7	Objetos aproximadamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro comprendido entre 12,7 y 6,35 mm.
1C3	10,8	Objetos aproximadamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro menor de 6,35 mm.
2	5,6	Volver a coger.
3	5,6	Coger por transferencia.
4A	7,3	Objetos amontonados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones mayores de 25,4 × 25,4 × 25,4 mm.
4B	9,1	Objetos amontonados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones comprendidas entre 6,4 × 6,4 × 3,3 y 25,4 × 25,4 × 25,4 mm.
4C	12,9	Objetos amontonados con otros, siendo necesario buscar y seleccionar. Dimensiones menores de 6,4 × 6,4 × 3,3 mm.
5	0	Coger por contacto, por deslizamiento o por pellizco.

Tabla L.—Poner en posición * (Position = P)

Clase de ajuste		Simetría	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1.—Flojo	No es necesario ejercer presión.	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	16,0
2.—Apretado	Hay que ejercer una ligera presión.	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21,0	26,6
3.—Exacto	Hay que ejercer gran presión.	S	43,0	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

* Distancia recorrida para el ajuste, 25,4 mm o menos.

Tabla LI. — Dejar carga (Release = RL)

Caso	Tiempo TMU	DESCRIPCION
1	2,0	Dejar normal, realizado abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	0	Dejar contacto.

Tabla LII. — Desmontar (Disengage = D)

CLASE DE AJUSTE	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1. *Flojo.* — Esfuerzo muy pequeño, combinado con el movimiento siguiente.	4,0	5,7
2. *Apretado.*—Esfuerzo normal con ligero retroceso.	7,5	11,8
3. *Exacto.*—Esfuerzo considerable, con marcado retroceso de la mano.	22,9	34,7

Tabla LIII.—Tiempos para desplazamiento y enfoque visual (Eye travel time and eye focus = ET y EF)

Tiempo para desplazamiento visual = $15{,}2 \times \frac{T}{D}$ TMU, con valor máximo de 20 TMU,

siendo T = distancia entre los puntos extremos de la trayectoria visual.
D = distancia del ojo a la trayectoria, medida perpendicularmente.

Tiempo para enfoque visual = 7,3 TMU

Tabla LIV.—Movimientos del cuerpo, pierna y pie

DESCRIPCION	Símbolo	Distancia	Tiempo TMU
Movimiento del pie.—Giro alrededor del tobillo.	FM	Hasta 102 mm.	8,5
Con gran presión.	FMP		19,1
Movimiento de la pierna o del muslo.	LM	Hasta 152 mm.	7,1
		Por cada 25 mm. más	1,2
Paso lateral.—Caso 1. Termina cuando la pierna de salida entra en contacto con el suelo.	SS-C1	Menos de 305 mm.	Se emplearán los tiempos de dirigirse hacia o mover
		305 mm.	17,0
		Por cada 25 mm. más	0,6
Paso lateral.—Caso 2. La pierna levantada en segundo lugar ha de entrar en contacto con el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento.	SS-C2	305 mm.	34,1
		Por cada 25 mm. más	1,1
Inclinarse, agacharse o arrodillarse sobre una rodilla.	B, S, KOK		29,0
Levantarse.	AB, AS, AKOK		31,9
Arrodillarse sobre ambas rodillas.	KBK		69,4
Levantarse.	AKBK		76,7
Sentarse.	SIT		34,7
Levantarse desde la posición de sentado.	STD		43,4
Girar el cuerpo 45 o 90°.			
Caso 1.—Termina cuando la pierna de salida entra en contacto con el suelo.	TBC1		18,6
Caso 2.—La pierna levantada en segundo lugar ha de entrar en contacto con el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento.	TBC2		37,2
Andar.	WM	Por metro	17,4
Andar.	WP	Por paso	15,0

Tabla LV.—Movimientos simultáneos

MOVIMIENTO	CASO	DIRIGIRSE HACIA				MOVER						COGER					PONER EN POSICION						DESMONTAR		
		A, E	B	C, D		A, Bm		B		C		G1A G2 G5	G1B G1C		G4		P1S		P1SS P2S		P1NS P2SS P2NS		D1E D1D	D2	
				W*	O	W*	O	W*	O	W*	O		W*	O	W*	O	E**	D	E**	D	E**	D		E**	D
DIRIGIRSE HACIA	A, E	□	□	□	□	□	□	□	□	⊠	⊠	□	□	□	□	□	□	□	□	⊠	⊠	⊠	□	□	□
	B		□	□	⊠	□	□	□	⊠	⊠	■	□	□	⊠	⊠	■	⊠	⊠	⊠	■	■	■	□	□	⊠
	C, D			□	⊠	⊠	■	⊠	■	■	■	□	⊠	■	■	■	■	■	■	■	■	■	⊠	■	■
MOVER	A, Bm					□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	⊠	⊠	⊠	□	□	□
	B							□	□	□	□	□	□	⊠	⊠	■	⊠	⊠	⊠	■	■	■	□	□	⊠
	C									⊠	■	□	⊠	■	■	■	■	■	■	■	■	■	⊠	■	■
COGER	G1A, G2, G5											□	□	□	□	□	□	□	□	■	■	■	□	■	■
	G1B, G1C												■	■	⊠	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	G4														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PONER EN POSICION	P1S																⊠	■	■	■	■	■	■	■	■
	P1SS, P2S																		■	■	■	■	■	■	■
	P1NS, P2SS, P2NS																				■	■	■	■	■
DESMONTAR	D1E, D1D																						□	□	□
	D2																							□	□

□ = FACIL de ejecutar simultáneamente.

⊠ = Puede realizarse simultáneamente con PRACTICA.

■ = DIFICIL de realizar simultáneamente, aún después de gran experiencia. Se conceden ambos tiempos.

MOVIMIENTOS NO INCLUIDOS EN LA TABLA

GIRAR.–Normalmente, FACIL con todos los movimientos, excepto cuando está controlado o va con DESMONTAR.

APLICAR PRESION.–Puede ser FACIL, realizable con PRACTICA o DIFICIL, debiendo analizarse cada caso.

PONER EN POSICION.–Clase 3. Siempre DIFICIL.

DESMONTAR.–Clase 3. Normalmente DIFICIL.

DEJAR.–Siempre FACIL.

DESMONTAR.–Puede ser DIFICIL cualquier clase si debe realizarse con cuidado para evitar daños o deterioros al objeto.

* W = Dentro del área de visión normal.
O = Fuera del área de visión normal.

** E = FACIL de manejar
D = DIFICIL de manejar

que los movimientos empleados sean tan pequeños que no justifiquen su clasificación como otros movimientos básicos. En el tiempo para poner en posición influyen: 1) Clase de ajuste. 2) Simetría; y 3) Facilidad de manejo (véase tabla L).

Dejar carga.—"Dejar carga" es el elemento básico para que los dedos o la mano abandonen el control de un objeto (tabla LI). Las dos clasificaciones de dejar carga son: 1) Dejar normal, mediante simple abertura de los dedos; y 2) Dejar contacto, comenzando este y terminándose en el instante en que comienza el "dirigirse hacia" siguiente (no se concede tiempo suplementario).

Desmontar.—"Desmontar" es el elemento básico empleado para romper el contacto entre un objeto y otro, estando incluido en él un movimiento involuntario resultante del cese súbito de la resistencia. En el tiempo para desmontar influyen las siguientes variables: 1) Clase de ajuste. 2) Facilidad de manejo; y 3) Manejo cuidadoso (tabla LII).

Tiempos visuales.—En muchas tareas, el tiempo que el ojo emplea para moverse y enfocar un objeto no es un factor limitativo y, por consiguiente, no afecta al tiempo necesario para la operación. Sin embargo, cuando los ojos dirigen realmente los movimientos de las manos o del cuerpo, hay que tener en cuenta el tiempo correspondiente o visual. Hay dos tipos de tiempo visual, el de enfoque y el de desplazamiento de la mirada.

El tiempo de enfoque es el que necesitan los ojos para enfocar un objeto y mirarlo el tiempo necesario para determinar ciertas características distintivas, dentro del área que puede verse sin desplazar la mirada.

En el tiempo de desplazamiento influyen la distancia entre los puntos inicial y final de la trayectoria visual y la distancia del ojo a la trayectoria, medida perpendicularmente, como se indica en la tabla LIII.

Movimientos del cuerpo, pierna y pie.—Estos movimientos se describen en la tabla LIV, en la cual figuran además los valores de los tiempos correspondientes a cada uno de ellos.

Movimientos limitativos.—En la ejecución de la mayor parte de las operaciones industriales es conveniente que se mueva más de un miembro del cuerpo al mismo tiempo. En términos generales, podemos aproximarnos al procedimiento más eficaz para realizar una operación cuando dos o más miembros del cuerpo se mueven simultáneamente. Si dos o más movimientos se superponen o combinan, todos ellos pueden ejecutarse en el tiempo necesario para realizar el que requiere más tiempo, o sea, el movimiento limitativo. Cuando un miembro del cuerpo realiza dos movimientos a la vez, estos se llaman *movimientos combinados*. Y si los realizan miembros diferentes, *movimientos simultáneos*. La tabla LV es una guía de movimientos limitativos, aun cuando no es aplicable en todos los casos.

Notaciones del sistema MTM.—Se ha juzgado conveniente redactar un código para referirse a las diversas clases de movimientos. Por ejemplo, puede ser engorroso referirnos a "Caso B de dirigirse hacia; 25 centímetros de longitud, con la mano en movimiento al final de la trayectoria", empleando todas estas palabras cada vez que se presente un movimiento de tal clase, y así, su notación será R25B m. En la tabla LVI figura la clave para todos los tipos de movimientos.

Cuando estos símbolos se anotan, se escriben de manera que indiquen la mano que realiza los movimientos, el orden de estos y los valores de tiempo.

LH (Mano izquierda)	TMU	RH (Mano derecha)
R30C	14,2	
G4A	7,3	
M25A	11,3	
G3	5,6	G3
	5,2	M5C
	5,6	P1SE
	2,0	RL1
Total	51,2	

Los símbolos anteriores indican que se verifican los movimientos siguientes: La mano izquierda se "dirige hacia un objeto situado a 30 cm, Caso C, y a continuación "coge" el objeto, G4A, y lo "mueve" hacia la mano derecha a la que transfiere ("coger por transferencia") el objeto; la mano derecha lo "mueve" entonces 10 cm hasta una situación exacta, en la cual lo "pone en posición" y después "deja la carga".

Ejemplo.—El análisis que se muestra en la figura 276 incluye los movimientos necesarios para dejar a un lado una pieza y obtener la siguiente, en una determinada disposición del puesto de trabajo.

Datos simplificados.—Es conveniente el empleo de una tabla de datos simplificados siempre que la facilidad de aplicación sea un factor importante. En estos datos se incluye un 15 por 100 de suplemento y se han redondeado los valores hasta el entero más próximo.

ESTUDIO DE TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS

El Estudio de Tiempos de Movimientos Básicos (BMT) es un sistema de tiempos tipo predeterminados (4), desarrollado por Ralph Presgrave, G. B. Bailey y otros miembros directivos de la Empresa J. D. Woods and Gordon, Ltd., de Toronto (Canadá), y aplicado por primera vez en 1950.

Por movimiento básico se entiende el movimiento sencillo y completo de un miembro del cuerpo. Un movimiento básico se presenta cada vez que un miembro del cuerpo, partiendo de un estado de reposo, se mueve hasta llegar nuevamente al reposo.

Los factores que toma en cuenta el sistema BMT son: 1) distancia recorrida, 2) atención visual necesaria para completar el movimiento, 3) grado de precisión necesario al coger o poner en posición, 4) fuerza necesaria en el manejo de pesos y 5) ejecución simultánea de dos movimientos.

(4) Reproducido, con autorización, de *Basic Motion Timestudy*, de G. B. BAILEY y RALPH PRESGRAVE, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1958. Véase también "Basic Motion Timestudy", de RALPH PRESGRAVE y G. B. BAILEY, *Industrial Engineering Handbook*, H. B. Maynard (dir. de ed.), McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1956, págs. 4-91 a 4-100.

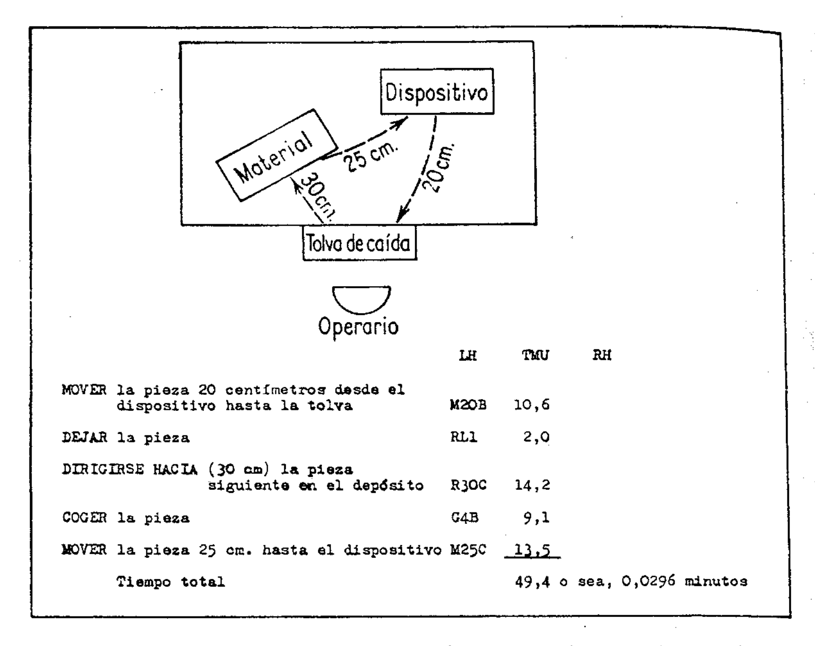


FIG. 276.—Ejemplo de un análisis MTM: dejar una pieza y obtener la siguiente.

TABLA LVI.—NOTACIONES DEL SISTEMA MTM

Tabla	Ejemplo	SIGNIFICADO
46	R20C	Dirigirse hacia, 20 cm, caso C.
	R30Am	Dirigirse hacia, 30 cm, caso A, mano en movimiento al final de la trayectoria.
47	M15A	Mover, 15 cm., caso A, pesando el objeto menos de 1,25 Kg.
	mM25C	Mover, 25 cm, caso C, mano en movimiento al principio de la trayectoria, pesando el objeto menos de 1,25 Kg.
	M40B7,5	Mover, 40 cm, caso B, objeto que pesa 7,5 Kg.
48	T30	Girar la mano 30 grados.
	T90L	Girar 90 grados objeto que pesa más de 5 Kg.
	AP1	Aplicar presión, incluyendo un volver a coger.
49	G1A	Coger, caso G1A.
50	P1NSD	Poner en posición, clase 1 de ajuste, pieza no simétrica, difícil de manejar.
51	RL1	Dejar carga, caso 1.
52	D2E	Desmontar, clase 2 de ajuste, fácil de manejar.
53	EF	Enfoque visual.
	ET35/25	Desplazamiento visual entre puntos que distan 35 cm entre sí, cuando el centro de la recta que les une está a 25 cm de los ojos.
54	FM	Movimiento del pie.
	SS40C1	Paso lateral de 40 cm, caso 1.
	TBC1	Girar el cuerpo, caso 1.
	W4P	Dar cuatro pasos.

Clasificación de movimientos.—El grado de control muscular de los dedos, manos y brazos se divide en tres tipos o clases.

Movimiento Clase A.—Detenido sin control muscular, por choque con un objeto. Es el movimiento de tipo más sencillo, correspondiéndole el mínimo valor de tiempo. Es un movimiento detenido por impacto contra un objeto sólido, como p. ej. la caída de un martillo, o el golpe al cerrar un cajón, permaneciendo la mano sobre este hasta que tropieza con los topes.

Movimiento Clase B.—Detenido por completo mediante el empleo de control muscular. Dado que en este caso interviene una deceleración, se necesita más tiempo para el movimiento de la Clase B que para el de la Clase A. *Ejemplo*: Un movimiento que cesa antes del fin de la trayectoria, sin llegar a tomar contacto con otro objeto: carrera ascendente de un martillo o el acto de dejar caer objetos a un lado.

Movimiento Clase C.—Detenido por el empleo de control muscular, tanto al decelerar como al terminarlo en la acción de coger o colocar. En este caso se utiliza el esfuerzo muscular para decelerar el movimiento antes de coger o poner en posición el objeto. *Ejemplo:* Alcanzar el teléfono o un cuaderno sobre la mesa de despacho, o llevar y colocar una carpeta sobre la mesa.

Dirección visual.—En el tiempo necesario para la ejecución de un movimiento influye que la vista se mueva o no a la vez que el brazo. Si la vista se dirige hacia el punto final de la trayectoria, a medida que se realiza el movimiento, el tiempo necesario es mayor que si los ojos no se mueven. Cuando, para completar los movimientos, se necesita un movimiento de los ojos, se dice que el movimiento está dirigido visualmente.

Movimiento Clase BV.—Un movimiento Clase B, dirigido visualmente.

Movimiento Clase CV.—Un movimiento Clase C, dirigido visualmente.

Debe observarse que los movimientos de Clases BV y CV solamente se presentan cuando los ojos se mueven a la vez que la mano. Si la vista puede fijarse en el final de la trayectoria antes de que comience el movimiento, no se retrasa el movimiento básico del brazo y no es necesario un suplemento por dirección visual.

Dirigirse hacia o mover.—En la tabla LVII se dan los tiempos para dirigirse hacia y mover (transporte en vacío y transporte con carga) a diversas distancias, expresadas en milímetros y para diferentes clases de movimientos. En esta y en las siguientes tablas, los valores de tiempo se expresan en diez milésimas de minuto (0,0001). Se trata de

tiempos netos, en los que no se incluyen suplementos por necesidades personales, fatiga o esperas accidentales.

Girar.—En la tabla LVIII se dan los tiempos para el movimiento de giro. El giro es una fase especializada de los movimientos de mover y dirigirse hacia, en la cual, a causa de las diferencias en el grado de control necesario, se precisa más tiempo, a igualdad de distancia. Los giros no se miden en unidades de longitud, sino en grados y sus clasificaciones son análogas a las de los otros movimientos del brazo. *Ejemplo*: Giro del brazo al utilizar un destornillador, giro de una manecilla o pomo de una puerta.

Precisión requerida en los movimientos de coger y poner en posición.—El término "precisión" se aplica al control muscular extraordinario requerido al final de un movimiento de coger un pequeño objeto o poner en posición un objeto en una situación exacta.

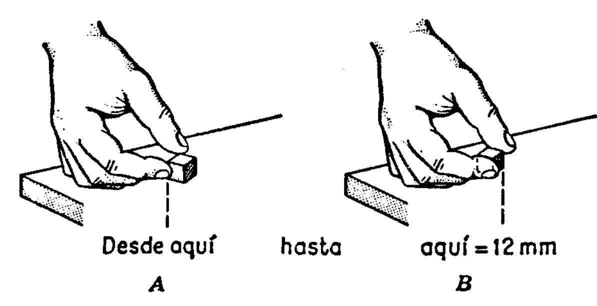


FIG. 277.—Coger un cubo de 6 mm de arista.

El grado de precisión necesario en cualquier movimiento puede expresarse en términos muy definidos. Cuando se trata de movimientos que terminan en un coger, se consigue determinando los límites dentro de los cuales deben colocarse las puntas de los dedos, para que el movimiento de coger sea satisfactorio.

En la figura 277, *A* y *B* muestran cómo se coge un solo cubo de 6 mm de arista. En *A*, los dedos están cogiendo el cubo lo más cerca posible a la arista izquierda y en *B* se han movido a fin de cogerlo lo más cerca posible de la arista derecha. La distancia entre estas dos posiciones (12 mm) es una medida de la precisión.

TABLA LVII.—DIRIGIRSE HACIA O MOVER
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

mm	12,7	25,4	50,8	76,2	101,6	127	152	178	203	229	254	305	356	406	457	508	559	610	660	711	762
A	27	30	36	39	42	45	47	50	52	54	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
B	32	36	42	46	49	52	55	58	60	62	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104
BV	36	42	48	53	57	60	63	66	68	70	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113
C	41	48	55	60	64	68	71	74	77	79	81	86	90	94	98	102	107	111	115	119	123
CV	45	54	62	67	72	76	79	82	85	87	90	95	99	104	108	112	116	120	124	128	132

En la figura 278, *C* y *D* muestran el movimiento de coger el cubo extremo de una fila de cubos de 6 mm de lado. Para cogerlo sin alterar los demás, el movimiento de los dedos se restringe ahora a una distancia de 6 mm que, en estas circunstancias, es la medida de la precisión.

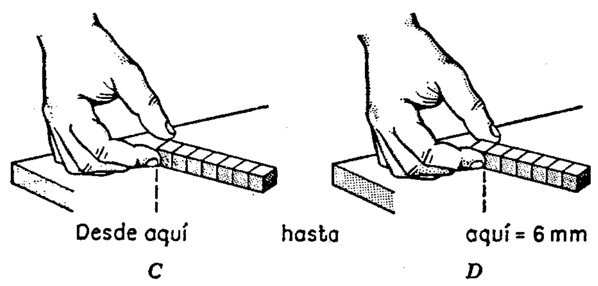


FIG. 278.—Coger el cubo extremo de una fila de seis cubos de 6 mm de arista.

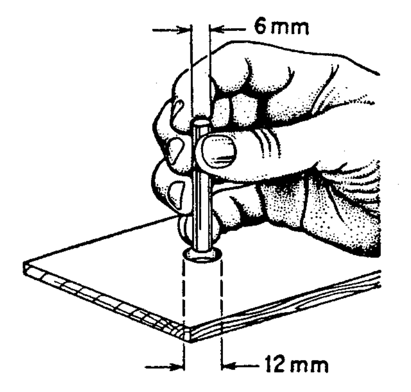


FIG. 279.—Colocación de un pasador de 6 mm en un agujero redondo de 12 mm. La precisión en este caso es de 6 mm.

Las exigencias de precisión para movimientos que terminan colocando un objeto se obtienen midiendo la diferencia entre las dimensiones de los objetos en el punto de contacto. La figura 279 muestra cómo se mide la precisión al colocar un pasador de 6 mm de diámetro en un agujero redondo de 12 mm. En este caso, la precisión es de 6 mm.

Se concede un suplemento de precisión cuando *a)* el objeto que ha de cogerse se eleva menos de 3,2 mm sobre la superficie que lo soporta, o *b)*, cuando el objeto presenta una parte horizontal cuya longitud es menor de 12,7 mm o *c)*, la tolerancia o juego entre los objetos que han de montarse no excede de 12,7 mm.

En la tabla LIX se dan los valores de tiempo para suplementos por

precisión. *Ejemplo*: El suplemento para un movimiento del brazo de 508 mm, ejecutado dentro de los límites de precisión de 6,4 mm es 48. Los valores de tiempo dados por esta tabla se deben sumar a los de la tabla LVII, de acuerdo con el grado de precisión que les corresponda.

Movimientos simultáneos.—El tiempo de mover y dirigirse hacia puede ser modificado cuando los movimientos son simultáneos. Hay que añadir tiempo cuando los puntos extremos de ambos movimientos necesitan atención visual y tiene una mano que esperar a que la vista dirija la otra hasta el final del movimiento. La cantidad de tiempo que debe añadirse depende *a)* de la distancia entre los puntos extremos de los dos movimientos y, *b)* el grado de precisión requerido para terminar los movimientos. Los valores de tiempo para la ejecución de movimientos simultáneos, que se indican en la tabla LX, deben sumarse a los necesarios para el movimiento de un solo brazo. *Ejemplo*: El suplemento por movimientos simultáneos de los brazos que terminan a una distancia de 305 mm, dentro de los límites de precisión de 6,4 mm, es 47.

Factor fuerza.—Siempre que haya que manejar un objeto pesado o vencer una resistencia de fricción, se necesita un esfuerzo muscular suplementario, al cual se llama fuerza. Los tiempos para este factor se dan en la tabla LXI.

El factor fuerza interviene en tres fases, que pueden presentarse aisladas o combinadas: 1) aplicar presión para coger un objeto, a fin de obtener control de su peso; 2) una vez conseguido el control, vencer la inercia y poner el objeto en movimiento; 3) al finalizar el movimiento para frenar e inmovilizar el objeto.

Cuando el movimiento consiste en coger, mover y colocar un objeto de cierto peso, están presentes las tres fases del factor fuerza. Por ejemplo, para mover 610 mm un objeto de 4,54 kilogramos de peso, se tiene un tiempo de 16 para cada uno de los movimientos de aplicar presión, poner en movimiento y detener. El total de 48 se sumará al tiempo normal de mover (tabla LVII) para 610 mm.

Cuando se precisa un esfuerzo para vencer una resistencia de fricción, se añade un suplemento básico de acuerdo con los kilogramos de fuerza necesarios. *Ejemplo*: Si se necesita una fuerza de 2,7 kilogramos para apretar o aflojar un objeto, se añade al tiempo normal para mover un suplemento de 8.

TABLA LVIII.—GIRAR
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

Grados	30	45	60	75	90	120	150	180
A	26	29	32	34	37	43	49	54
B	33	36	40	43	47	54	60	67
BV	40	44	48	52	56	65	72	80
C	56	60	64	68	72	81	88	96
CV	73	77	81	85	89	98	105	113

TABLA LIX.—PRECISIÓN
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

mm	25,4	50,8	76,2	101,6	127	152	178	203	229	254	305	356	406	457	508	559	610	660	711	762
Tol. 12,7	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tol. 6,4	13	16	18	21	23	25	27	29	31	32	36	39	42	45	48	51	53	55	57	59
Tol. 3,2	33	37	41	45	48	52	55	58	60	62	67	72	76	80	83	87	91	94	98	101
Tol. 1,6	60	65	69	73	76	80	83	87	90	93	98	103	107	112	115	119	123	127	131	195
Tol. 0,8	90	97	102	106	110	114	117	120	123	126	131	135	139	143	147	150	153	157	161	165

TABLA LX.—MOVIMIENTOS SIMULTÁNEOS
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

Distancia de separación (mm)	0	51	102	152	203	254	305	356	406	457	508	558	610
Tol. 6,4 mm y más	0	10	18	27	34	41	47	54	59	65	69	74	78
Tol. 3,2	0	12	21	30	37	44	51	57	63	68	73	78	82
Tol. 1,6	0	15	27	37	45	53	61	68	75	80	86	91	96
Tol. 0,8	0	19	34	47	58	68	77	84	90	97	103	107	111

TABLA LXI.—FUERZA
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

	Aplicar presión. Poner en movimiento o Parar		
mm	152	305	610
0,9 Kg.	2	3	3
1,8	6	6	7
2,7	8	9	10
3,6	10	11	13
4,5	13	14	16
6,8	18	20	22
9,1	23	26	28
13,6	31	35	38
18,2	38	43	47
22,7	45	50	55

Movimientos del cuerpo.—Los tiempos BMT para movimientos del cuerpo, que no sean los de los dedos, manos y brazos, se dan en la tabla LXII, con los símbolos usados para cada uno de ellos.

Descripción del movimiento	Notación	Tiempo
1. Dirigir la mano izquierda hacia el cajón (30 cm) y coger el tirador	R30C	86
2. Abrir el cajón (20 cm)	M20B	60
3. Dirigir la mano derecha al interior del cajón (15 cm) y coger el lápiz	R15C	71
4. Sacar el lápiz del cajón (15 cm)	M15B	55
5. Cerrar el cajón (20 cm)	M20A	52
Tiempo total		324
Tiempo normal = 324 x 0,0001 = 0,0324 minutos		

FIG. 280.—Ejemplo de un análisis BTM: abrir el cajón de una mesa, sacar el lápiz y cerrar el cajón.

TABLA LXII.—MOVIMIENTOS DEL CUERPO
(Tiempo en diezmilésimas de minuto)

Símbolo	Unidades	Descripción
LM (25-152 mm)	50	Movimiento de la pierna
Sumar por cada 25 mm	2	
FM	55	Movimiento del pie
W	100	Dar un paso
SS_1 (25-152 mm)	60	Paso a un lado
Sumar por cada 25 mm	2	
SS_2 (25-152 mm)	120	Paso a un lado
Sumar por cada 25 mm	4	
TB_1	110	Girar el cuerpo
TB_2	220	Girar el cuerpo
B	180	Inclinarse
S	180	Agacharse
K_1	180	Arrodillarse sobre una rodilla
AB, etc.	200	Levantarse
K_2	440	Arrodillarse sobre ambas rodillas
AK_3	480	Levantarse desde la posición anterior
SIT	220	Sentarse
STAND	270	Ponerse en pie

Tiempo visual.—El suplemento por tiempo visual se emplea cuando *a)* se demora el comienzo del movimiento del brazo hasta que la vista se ha desplazado de un punto para enfocar otro o, *b)*, el nuevo punto de enfoque es distinto del punto final de la trayectoria del brazo que se ha retrasado. El valor de tiempo para este suplemento es 80.

Ejemplo: La figura 280 es un ejemplo del empleo de los datos del Estudio de Tiempos de los Movimientos Básicos, en la determinación del tiempo necesario para ejecutar la operación "abrir el cajón de la mesa, sacar el lápiz y cerrar el cajón".

CAPITULO XXXIII

MUESTREO DE TRABAJO *

El muestreo de trabajo fue usado primeramente por L. H. C. Tippett (1) en la industria textil británica e introducido en Estados Unidos con el nombre de "ratio delay" (porcentaje de esperas) en 1940. El muestreo de trabajo es un medio de indagación, con el que se puede obtener, en muchos casos, la información necesaria sobre hombres o máquinas en menos tiempo y con coste más bajo que empleando otros procedimientos. El muestreo de trabajo tiene tres objetivos principales: 1) *porcentaje de esperas,* es decir, medida de actividades y de esperas de hombres y máquinas, p. ej., determinar el porcentaje de la jornada laboral en que un hombre trabaja, y el porcentaje de tiempo en que permanece inactivo (2); 2) *muestreo de actuaciones,* o sea medida de los tiempos de trabajo e inactividad de un hombre que realiza una tarea manual y establecimiento de un índice o nivel de actuación de dicho operario durante el tiempo de trabajo (3); 3) *medida del trabajo,* es decir, en ciertas circunstancias, medir tareas manuales, o sea, establecer el tiempo tipo para una operación.

El muestreo de trabajo se basa en las leyes de la probabilidad. Una muestra de un grupo grande, tomada al azar, tiende a tener la misma distribución que el grupo grande o universo. Si la muestra es bastante grande, sus características diferirán poco de las correspondientes al grupo. *Muestra* es el término empleado para este pequeño número y *población* o *universo* es el término empleado para el grupo grande. La obtención y análisis de una parte del universo se llama *muestreo.*

(*) Conocido también por "Método de observaciones instantáneas".

(1) L. H. C. TIPPETT, "Statistical Methods in Textile Research. Uses of the Binominal and Poisson Distributions. A Snap-Reading Method of Making Time Studies of Machines and Operatives in Factory Surveys", *Shirley Institute Memoirs,* vol. 13, págs. 35-93, noviembre 1934. Y también, *Journal of the Textile Institute Transactions,* vol. 26, págs. 51-55, 75, febrero 1935.

(2) D. S. CORRELL y RALPH M. BARNES, "Industrial Application of the Ratio-Delay Method", *Advanced Management,* vol. 15, núms. 8 y 9, agosto y septiembre 1950.

(3) RALPH M. BARNES y ROBERT B. ANDREWS, "Performance Sampling in Work Measurement", *Journal of Industrial Engineering,* vol. 6, núm. 6, noviembre-diciembre 1955. También RALPH M. BARNES, *Work Sampling,* 2.ª edición, John Wiley & Sons, Nueva York, 1957, págs. 194-221. (Versión española, editada por Aguilar, S. A., con el título *La técnica del muestreo aplicada a la medida del trabajo,* 1962.)

Ejemplo sencillo de muestreo de trabajo.—La determinación del tanto por ciento de la jornada laboral en que un obrero está trabajando o inactivo se basa en la teoría de que *el porcentaje* de observaciones que registra inactividad, del operario o de la máquina, es una medida admisible del tanto por ciento del *tiempo* en que la operación se encuentra en estado de espera. La precisión del resultado es función del número de observaciones realizadas.

El procedimiento de muestreo de trabajo consiste, en su forma más sencilla, en hacer observaciones, a intervalos aleatorios, de uno o más obreros o máquinas y anotar si están trabajando o inactivos. Si el obrero está trabajando se hace una marca en la casilla "trabajando"; si está inactivo se hace la marca en la casilla "inactivo". El porcentaje de jornada laboral que el operario está inactivo es la relación del número de marcas "inactivo" al número total de marcas, "trabajando" e "inactivo".

Estado	Recuento	Total
Trabajando	ⅢⅢ ⅢⅢ ⅢⅢ ⅢⅢ ⅢⅢ ⅢⅢ ⅢⅢ I	36
Inactivo	IIII	4

FIG. 281.—Recuento de los tiempos de actividad e inactividad.

En la figura 281 hay 36 observaciones de trabajo y cuatro observaciones de inactividad, o sea, un total de 40 observaciones. En este ejemplo, el porcentaje de tiempo de inactividad es $4 \times 100/40 = 10$ por 100.

El tiempo de trabajo es $36 \times 100/40 = 90$ por 100. Si el estudio se refiere a un operario durante una jornada de ocho horas, los resultados indican que el obrero está inactivo el 10 por 100 o cuarenta y ocho minutos en la jornada ($480 \times 0{,}10 = 48$) y que está trabajando el 90 por 100 o cuatrocientos treinta y dos minutos durante la jornada ($480 \times 0{,}90 = 432$).

Creemos que para explicar esta técnica será útil un ejemplo que demuestre cómo se resuelve un problema mediante muestreo. El tablero de demostración de la figura 282 contiene 480 pequeños bloques que representan los 480 minutos de una jornada laboral de ocho horas, dispuestos a lo largo de su parte inferior. Los bloques blancos indican tiempo de trabajo y los de color tiempos de inactividad. Extrayendo números de una urna o empleando una tabla de números aleatorios es posible simular un estudio de muestreo de trabajo.

La figura 284 muestra el tiempo de trabajo y el de inactividad de

un operario, durante un día, según los datos obtenidos en un estudio de tiempos ininterrumpido. Sobre las barras se señalan las observaciones aleatorias.

La figura 285 muestra los resultados de un estudio de tiempos de un operario, durante cinco días consecutivos de ocho horas de trabajo. Se sugiere al lector que determine el porcentaje de tiempo inactivo de dicho operario durante la semana, empleando el método de observaciones aleatorias. Basta seguir las instrucciones dadas en las figuras 285 y 286.

El muestreo aleatorio exige que no exista la menor tendencia o sesgo mientras se realiza. Cada parte del universo debe tener la misma probabilidad de ser elegida que otra cualquiera. Es muy importante que el concepto de aleatoriedad sea comprendido y cuidadosamente seguido en los estudios de muestreo de trabajo (4).

Curva de distribución normal.—La curva de distribución normal es la curva típica de una distribución de frecuencia y es importante en el muestreo de trabajo porque representa gráficamente la probabilidad de que se presente cierto fenómeno aleatorio. La curva normal es significativa por la relación existente entre las áreas comprendidas por la curva con ordenadas a diversas distancias de la ordenada media y el área total. En la curva superior de la figura 283, el área sombreada representa un sigma, o una desviación típica a ambos lados de la ordenada media A, siendo entonces dicha área igual al 68,27 por 100 del área total comprendida por la curva. El área correspondiente a dos sigma es el 95,45 por 100, y el área a tres sigma es el 99,73 por 100 del área total.

Nivel de confianza.—Ante todo, es necesario decidir qué nivel de confianza se desea obtener en los resultados finales del muestreo de trabajo. El intervalo de confianza más corriente es del 95 por 100. El área comprendida por la curva a dos sigma o dos desviaciones típicas, es 95,45 por 100 o, en números redondos, 95 por 100, lo que quiere decir que hay un 95 por 100 de probabilidades de que las observaciones aleatorias representen la realidad y un 5 por 100 de que no sea así. Un sigma daría un intervalo de confianza del 68 por 100 (68,27 por 100 redondeado a 68 por 100), lo que significa que los datos obtenidos por el muestreo tienen un 68 por 100 de probabilidades de representar los hechos reales y un 32 por 100 de probabilidades de error.

(4) Parece que los intervalos pueden ser regulares si la actividad o proceso observado es aleatorio. Véase Harold Davis, "A Mathematical Evaluation of a Work Sampling Technique" *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 2, número 1 y 2, págs. 11-117, marzo-junio 1955.

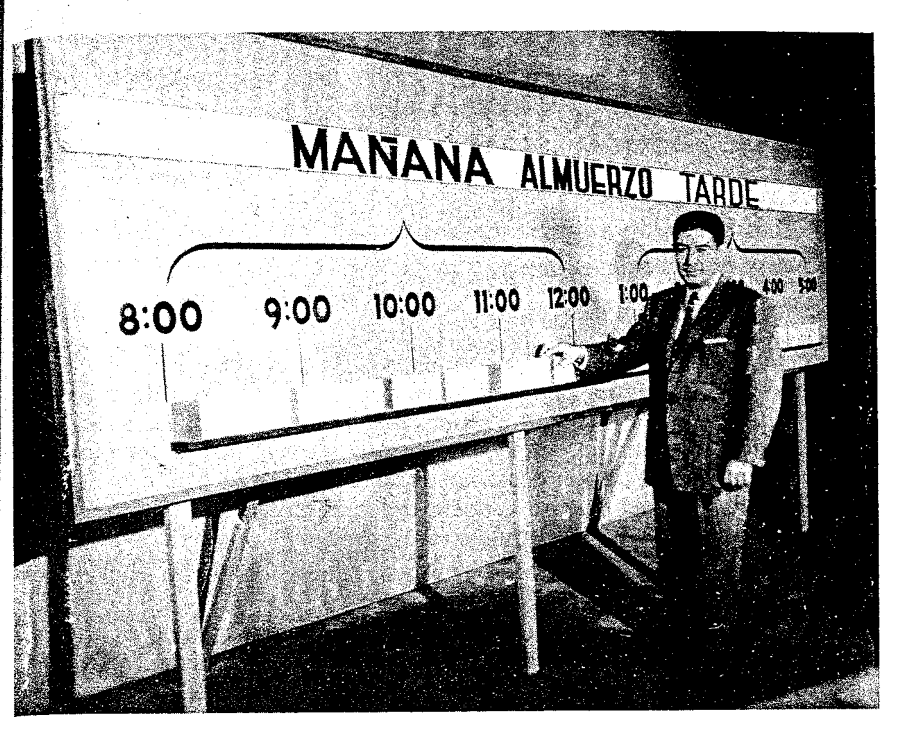


FIG. 282.—Tablero de demostración del muestreo de trabajo.

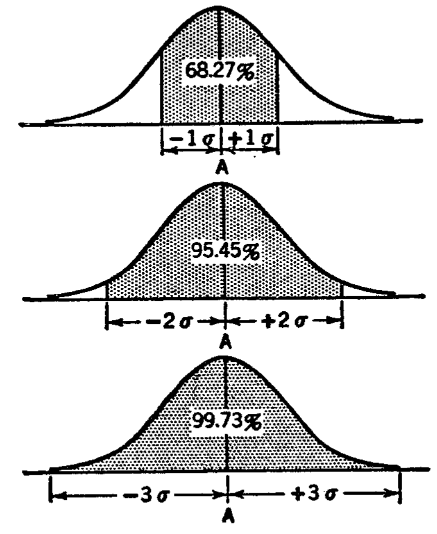


FIG. 283.—Areas comprendidas en la curva normal.

La fórmula para determinar el tamaño de la muestra para un nivel de confianza del 68 por 100 o un sigma es:

$$Sp = \sqrt{\frac{p\,(1-p)}{N}}$$

siendo S = precisión relativa deseada
p = porcentaje expresado en forma decimal
N = número de observaciones aleatorias (tamaño de la muestra).

Precisión de las medidas del muestreo de trabajo.—En relación con la precisión de los datos proporcionados por el muestreo de trabajo, no debemos limitarnos a las consideraciones anteriores, pues, cuando fijamos el grado de precisión deseado, estamos en realidad determinando el número de observaciones necesarias. Desde luego, el número de observaciones influye en el tiempo y coste del estudio. El propósito del estudio del muestreo de trabajo sugerirá el grado de precisión deseado en los resultados, pero puede haber amplia variación en la especificación de la precisión o exactitud.

Al proyectar el estudio, el analista debe considerar el conjunto de la situación. Necesitará unos resultados que sean satisfactorios desde el punto de vista de la precisión, pero que, al mismo tiempo, no requieran un número de observaciones exageradamente grande. Afortunadamente, el analista puede determinar de antemano el número de observaciones necesarias para conseguir un determinado grado de precisión.

Una de las cosas que tomará en consideración el analista, consciente o inconscientemente, es la variabilidad inherente a los hombres, máquinas o procesos a medir. Un departamento que obtenga, semana con semana, un volumen uniforme de producción, trabajando con materias primas de calidad uniforme, baja rotación de mano de obra y buena inspección, es un campo de aplicación ideal para el muestreo de trabajo, lo mismo que para el estudio de tiempos.

En muchos casos, se considera satisfactoria una precisión del ± 5 por 100. Esta es aludida algunas veces como error típico del porcentaje. En los ejemplos que siguen supondremos que son satisfactorios un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100. Suponiendo además que, como base para la determinación del error, se adopta la distribución binomial, la fórmula para determinar el número de observaciones es:

$$Sp = 2\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{N}} \qquad [1]$$

siendo S = precisión relativa deseada
p = porcentaje de presencia de la actividad o espera que se mide, expresado como porcentaje del número total de observaciones, o en forma decimal, p. ej. 15 % = 0,15
N = número total de observaciones aleatorias (tamaño de la muestra).

Aun cuando sea conocida la precisión deseada, hay aún dos incógnitas en la ecuación: p, porcentaje de presencia, y N, número total de observaciones. A fin de hallar N, generalmente se supone o estima p mediante un estudio preliminar.

Ejemplo.—Supongamos que hay que determinar el porcentaje de tiempo inactivo de las máquinas roscadoras de un taller mediante muestreo de trabajo. Supongamos también que se desean un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100. Necesitamos saber cuántas observaciones aleatorias deben hacerse para obtener los resultados deseados. Antes que podamos emplear la ecuación [1] es necesario estimar el valor de p o, dicho de otro modo, hacer un estudio de ensayo de las roscadoras, a fin de obtener una primera estimación del porcentaje de tiempo de inactividad.

Supongamos que se haya hecho un total de 100 observaciones y que, en este estudio preliminar, correspondan 25 a tiempo de inactividad. El porcentaje de tiempo de inactividad será 25 por 100 (25 × × 100/100 = 25 %).

Ahora ya podemos calcular N. Siendo p = 25 % = 0,25, y S ± ± 5 % = ± 0,05.

$$Sp = 2\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{N}}$$



FIG. 284.—Un caso sencillo de muestreo de trabajo. Los resultados de las observaciones aleatorias se marcan con rayas verticales sobre las barras que corresponden a una jornada de trabajo.

porcentaje del número total de ob-
decimal, p. ej. 15 % = 0,15
vaciones aleatorias (tamaño de la

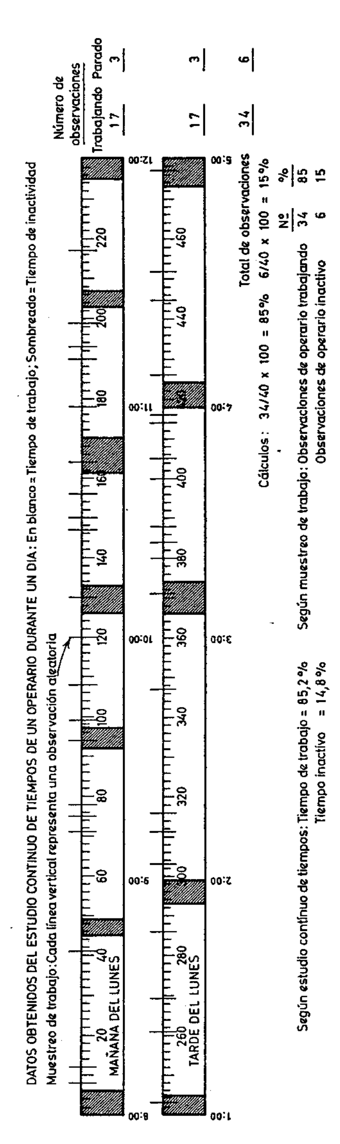


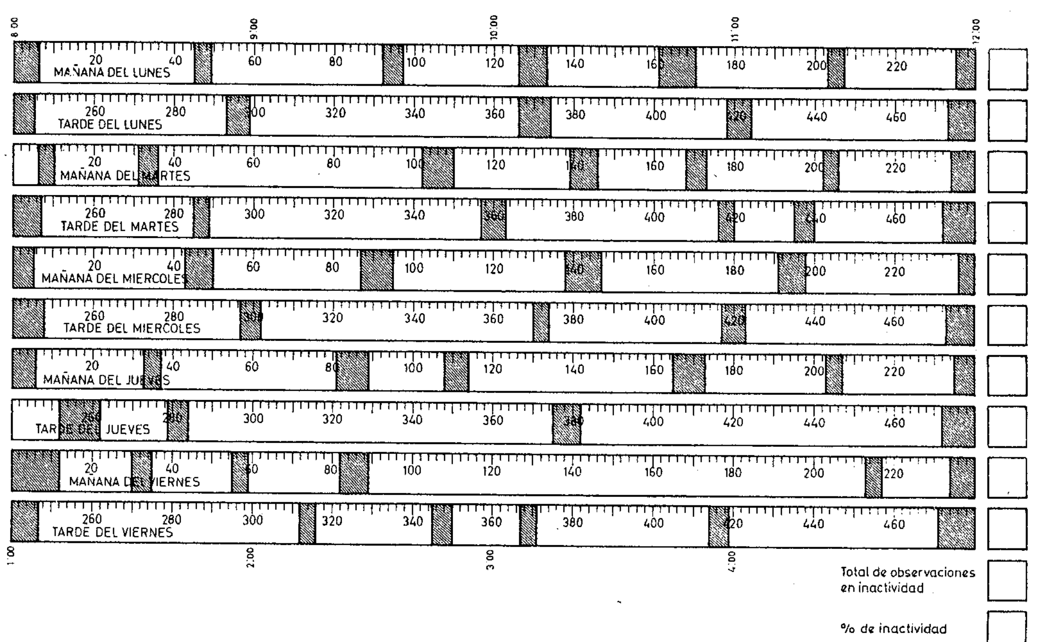
Fig. 284.—Un caso sencillo de muestreo de trabajo. Los resultados de las observaciones aleatorias se marcan con rayas verticales sobre las barras que corresponden a una jornada de trabajo.


DEMOSTRACION DEL METODO DE MUESTREO DE TRABAJO

Las barras del gráfico representan a escala 240 minutos de la mañana y de la tarde para cinco días—lunes a viernes—, en total 40 horas (2400 minutos) a la semana. Están representados los resultados del estudio ininterrumpido de tiempos del operario, en la semana. En blanco = tiempo de trabajo; sombreado = tiempo de inactividad.
Según el estudio de tiempos, la totalidad del tiempo real de *trabajo* = 2035 minutos y el tiempo de *inactividad* = 365 minutos.

Tiempo de trabajo (%) = 2035 × 100/2400 = 84,8 %
Tiempo de inactividad (%) = 365 × 100/2400 = 15,2 %

Empleado el muestreo de trabajo puede obtenerse una información análoga. Siguiendo las instrucciones de la Fig. 286 el lector puede hacer sus propias observaciones aleatorias.



R E S U L T A D O S

Cuente el lector el número de veces que las marcas hechas por él coinciden con la parte sombreada y escriba dicho número al final de cada línea. Sume el número de observaciones en inactividad y divida el total por 200. El resultado dará el porcentaje de tiempo en que el operario estuvo inactivo durante la semana. Compárelo ahora con el porcentaje real de inactividad, 15,2, que fue obtenido mediante estudio de tiempos.

Fig. 285.—Demostración del método de muestreo de trabajo. Tiempos de trabajo y de inactividad de un obrero

I N S T R U C C I O N E S

Colóquese una hoja de papel carbón sobre la figura 285. Trácense *al azar* 20 rayas verticales a través de cada una de las diez líneas de esta figura. No se harán a intervalos regulares, sino que se espaciarán al azar a lo largo de cada línea. Estas señales representarán 20 observaciones aleatorias del operario, durante la mañana y la tarde. Vuélvase entonces a la figura 285. NOTA: Si el lector no desea dejar marcas sobre el libro, reproduzca las líneas de la figura 286 sobre papel de dibujo. Trácense al azar 20 rayas verticales sobre cada una de las diez líneas y superpóngase el papel de dibujo sobre la figura 285.

Fig. 286.—Demostración del método de muestreo: hoja de trabajo.

TABLA LXIII.—TABLA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE OBSERVACIONES PARA UN GRADO DE PRECISIÓN Y UN VALOR DE p DADOS, CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 POR 100

Porcentaje del tiempo total empleado en actividad o en espera, p	GRADO DE PRECISION									
	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9	±10
1	3.960.000	990.000	440.000	247.500	158.400	110.000	80.800	61.900	48.900	39.600
2	1.960.000	490.000	217.800	122.500	78.400	54.400	40.000	30.600	24.200	19.600
3	1.293.300	323.300	143.700	80.800	51.700	35.900	26.400	20.200	16.000	12.900
4	960.000	240.000	106.700	60.000	38.400	26.700	19.600	15.000	11.900	9.600
5	760.000	190.000	84.400	47.500	30.400	21.100	15.500	11.900	9.390	7.600
6	626.700	156.700	69.600	39.200	25.100	17.400	12.800	9.790	7.740	6.270
7	531.400	132.900	59.000	33.200	21.300	14.800	10.800	8.300	6.560	5.310
8	460.000	115.000	51.100	28.800	18.400	12.800	9.380	7.190	5.680	4.600
9	404.400	101.100	44.900	25.300	16.200	11.200	8.250	6.320	5.000	4.040
10	360.000	90.000	40.000	22.500	14.400	10.000	7.340	5.630	4.450	3.600
11	323.600	80.900	36.000	20.200	12.900	8.990	6.600	5.060	4.000	3.240
12	293.300	73.300	32.600	18.300	11.700	8.150	5.980	4.580	3.620	2.930
13	267.700	66.900	29.700	16.700	10.700	7.440	5.460	4.180	3.310	2.680
14	245.700	61.400	27.300	15.400	9.830	6.830	5.010	3.840	3.040	2.460
15	226.700	56.700	25.200	14.200	9.070	6.300	4.620	3.540	2.800	2.270
16	210.000	52.500	23.300	13.100	8.400	5.830	4.280	3.280	2.590	2.100
17	195.300	48.800	21.700	12.200	7.810	5.420	3.980	3.050	2.410	1.950
18	182.200	45.600	20.200	11.400	7.290	5.060	3.720	2.850	2.250	1.820
19	170.500	42.600	18.900	10.700	6.820	4.740	3.480	2.660	2.110	1.710
20	160.000	40.000	17.800	10.000	6.400	4.400	3.260	2.500	1.980	1.600
21	150.500	37.600	16.700	9.400	6.020	4.180	3.070	2.350	1.860	1.510
22	141.800	35.500	15.800	8.860	5.670	3.940	2.890	2.220	1.750	1.420
23	133.900	33.500	14.900	8.370	5.360	3.720	2.730	2.009	1.650	1.340
24	126.700	31.700	14.100	7.920	5.070	3.520	2.580	1.980	1.560	1.270
25	120.000	30.000	13.300	7.500	4.800	3.330	2.450	1.880	1.480	1.200
26	113.800	28.500	12.600	7.120	4.550	3.160	2.320	1.780	1.410	1.140
27	108.100	27.000	12.000	6.760	4.330	3.000	2.210	1.690	1.340	1.080
28	102.900	25.700	11.400	6.430	4.110	2.860	2.100	1.610	1.270	1.030
29	97.900	24.500	10.900	6.120	3.920	2.720	2.000	1.530	1.210	980
30	93.300	23.300	10.400	5.830	3.730	2.590	1.900	1.460	1.150	935
31	89.000	22.300	9.890	5.570	3.560	2.470	1.820	1.390	1.100	890
32	85.000	21.300	9.440	5.310	3.400	2.360	1.730	1.330	1.050	850
33	81.200	20.300	9.000	5.080	3.250	2.260	1.660	1.270	1.000	810
34	77.600	19.400	8.630	4.850	3.110	2.160	1.580	1.210	960	775
35	74.300	18.600	8.250	4.640	2.970	2.060	1.520	1.160	915	745
36	71.100	17.800	7.900	4.440	2.840	1.980	1.450	1.110	880	710
37	68.100	17.000	7.570	4.260	2.720	1.890	1.400	1.060	840	680
38	65.300	16.300	7.250	4.080	2.610	1.810	1.330	1.020	805	655
39	62.600	15.600	6.950	3.910	2.500	1.740	1.280	980	775	625
40	60.000	15.000	6.670	3.750	2.400	1.670	1.220	940	740	600
41	57.600	14.400	6.400	3.600	2.300	1.600	1.170	900	710	575
42	55.200	13.800	6.140	3.450	2.210	1.530	1.130	865	680	550
43	53.000	13.300	5.890	3.310	2.120	1.470	1.080	830	655	530
44	50.900	12.700	5.660	3.180	2.040	1.410	1.040	795	630	510
45	48.900	12.200	5.430	3.060	1.960	1.360	1.000	765	605	490
[illegible]	47.000	11.700	5.200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
47	45.100	11.300	5.010	2.820	1.800	1.250	920	705	555	450
48	43.300	10.800	4.810	2.710	1.730	1.200	885	675	535	435
49	41.600	10.400	4.630	2.600	1.670	1.160	850	650	515	415
50	40.000	10.000	4.440	2.500	1.600	1.110	815	625	495	400
51	38.430	9.610	4.270	2.400	1.540	1.070	785	600	475	385
52	36.920	9.230	4.100	2.310	1.480	1.030	755	575	455	370
53	35.470	8.870	9.860	2.220	1.420	985	725	555	435	355
54	34.070	8.520	3.790	2.130	1.360	945	695	530	420	340
55	32.730	8.180	3.640	2.050	1.310	910	670	510	405	325
56	31.430	7.860	3.490	1.960	1.260	870	640	490	390	315
57	30.180	7.550	3.350	1.890	1.210	840	615	470	375	300
58	28.970	7.240	3.220	1.810	1.160	805	590	450	360	290
59	27.800	6.950	3.090	1.740	1.110	770	565	435	345	280
60	26.670	6.670	2.960	1.670	1.070	740	545	415	330	265
61	25.570	6.390	2.840	1.600	1.020	710	520	400	315	255
62	24.520	6.130	2.720	1.530	980	680	500	385	305	245
63	23.490	5.870	2.610	1.470	940	650	480	365	290	235
64	22.500	5.630	2.500	1.410	900	625	460	350	275	225
65	21.540	5.390	2.390	1.350	860	600	440	335	265	215
66	20.610	5.150	2.290	1.290	825	570	420	320	255	205
67	19.700	4.925	2.190	1.230	790	545	400	305	245	195
68	18.820	4.705	2.090	1.180	750	520	385	295	230	190
69	17.970	4.490	2.000	1.120	720	500	365	280	220	180
70	17.140	4.285	1.900	1.070	685	475	350	265	210	170
71	16.340	4.085	1.815	1.020	655	455	335	255	200	165
72	15.560	3.890	1.730	970	620	430	315	245	190	155
73	14.790	3.700	1.640	925	590	410	300	230	180	145
74	14.050	3.510	1.560	880	560	390	285	220	175	140
75	13.330	3.330	1.480	835	535	370	270	210	165	135
76	12.630	3.160	1.400	790	505	350	255	195	155	125
77	11.950	2.900	1.330	745	480	330	245	185	145	120
78	11.280	2.820	1.253	705	450	315	230	175	140	110
79	10.630	2.660	1.180	665	425	295	215	165	130	105
80	10.000	2.500	1.110	625	400	275	205	155	125	100
81	9.380	2.345	1.040	585	375	260	190	145	115	94
82	8.780	2.195	975	550	350	245	180	135	110	88
83	8.190	2.050	910	510	325	225	165	130	100	82
84	7.620	1.905	845	475	305	210	155	120	94	76
85	7.060	1.765	785	440	280	195	145	110	87	71
86	6.510	1.630	725	405	260	180	130	100	80	65
87	5.980	1.495	665	375	240	165	120	93	74	60
88	5.450	1.360	605	340	220	150	110	85	67	55
89	4.940	1.235	550	310	200	135	100	77	61	49
90	4.440	1.110	495	280	175	125	90	69	55	44
91	3.960	990	440	250	160	110	80	62	49	40
92	3.480	870	385	220	140	96	70	54	43	35
93	3.010	750	335	190	120	83	61	47	37	30
94	2.550	640	285	160	100	71	52	40	31	26
95	2.110	525	234	130	85	59	43	33	26	21
96	1.670	420	185	105	67	46	34	26	21	17
97	1.240	310	140	78	50	34	25	19	15	12
98	815	205	91	51	33	23	17	13	10	8
99	405	100	45	25	16	11	8	6	5	4

$$0{,}05\,p = 2\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{N}}$$

$$0{,}0025\,p^2 = 4\left[\frac{p\,(1-p)}{N}\right] = \frac{4\,p\,(1-p)}{N}$$

$$N = \frac{4\,p\,(1-p)}{0{,}0025\,p^2} = \frac{4\,(1-p)}{0{,}0025\,p} = \frac{1600\,(1-p)}{p} =$$

$$= \frac{1600\,(1-0{,}25)}{0{,}25} = 4800$$

Para determinar el número de observaciones, se pueden emplear, en vez de la fórmula, la tabla LXIII o el ábaco logarítmico de la figura 287.

Ya en marcha el estudio de muestreo de trabajo, y una vez hechas 500 observaciones, se hace un nuevo cálculo a fin de comprobar el valor original de N. Suponiendo que los resultados sean los siguientes:

Observaciones de máquinas trabajando	350
Observaciones de máquinas inactivas	150
TOTAL DE OBSERVACIONES	500

150 × 100/500 = 30 % de tiempo de inactividad.

Esta nueva observación nos permite volver a calcular el número de observaciones necesarias. Ahora, $p = 30\ \% = 0{,}30$

$$0{,}05\,(0{,}30) = 2\sqrt{\frac{0{,}30\,(1-0{,}30)}{N}} \quad \text{o} \quad N = \frac{0{,}84}{0{,}000\,225} = 3733$$

Se verá más adelante que es conveniente volver a calcular N a intervalos regulares, tal vez al final de cada día, a fin de evaluar mejor el progreso del estudio. Como se explica en este capítulo, también puede emplearse el gráfico de control.

Determinación de la precisión para un número dado de observaciones.—Una vez terminado el estudio, se hace un cálculo para determinar si los resultados están comprendidos dentro de la precisión deseada, lo que puede lograrse despejando S en la fórmula, en vez de N.

Suponiendo que los resultados finales del estudio sean los siguientes:

Observaciones de máquinas trabajando	2.600
Observaciones de máquinas inactivas...	1.400
TOTAL DE OBSERVACIONES	4.000

Entonces, $p = 1400 \times 100/4000 = 35\ \% = 0{,}35$

$$Sp = 2\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{N}}$$

$$0{,}35S = 2\sqrt{\frac{0{,}35\,(1-0{,}35)}{4000}} = 2\sqrt{\frac{0{,}35 \times 0{,}65}{4000}} = 2\sqrt{\frac{0{,}2275}{4000}}$$

$$S = \pm\frac{0{,}01508}{0{,}35} = \pm\,0{,}043 = \pm\,4{,}3\ \%$$

Puesto que ± 4,3 % es inferior al ± 5 % de precisión requerida, el número de observaciones es suficiente.

En este caso puede afirmarse que existe un 95 por 100 de confianza de que las roscadoras estén inactivas el 35 por 100 de la jornada. La precisión o error típico de ± 4,3 % significa que los resultados son correctos dentro del ± 4,3 % del 35 % (± 4,3 % × 35 % = ± 1,5 %), o que el verdadero valor está comprendido entre 33,5 % y 36,5 %. El nivel de confianza del 95 por 100 quiere decir que hay la probabilidad de que, en 95 casos de 100, los resultados reflejen la realidad.

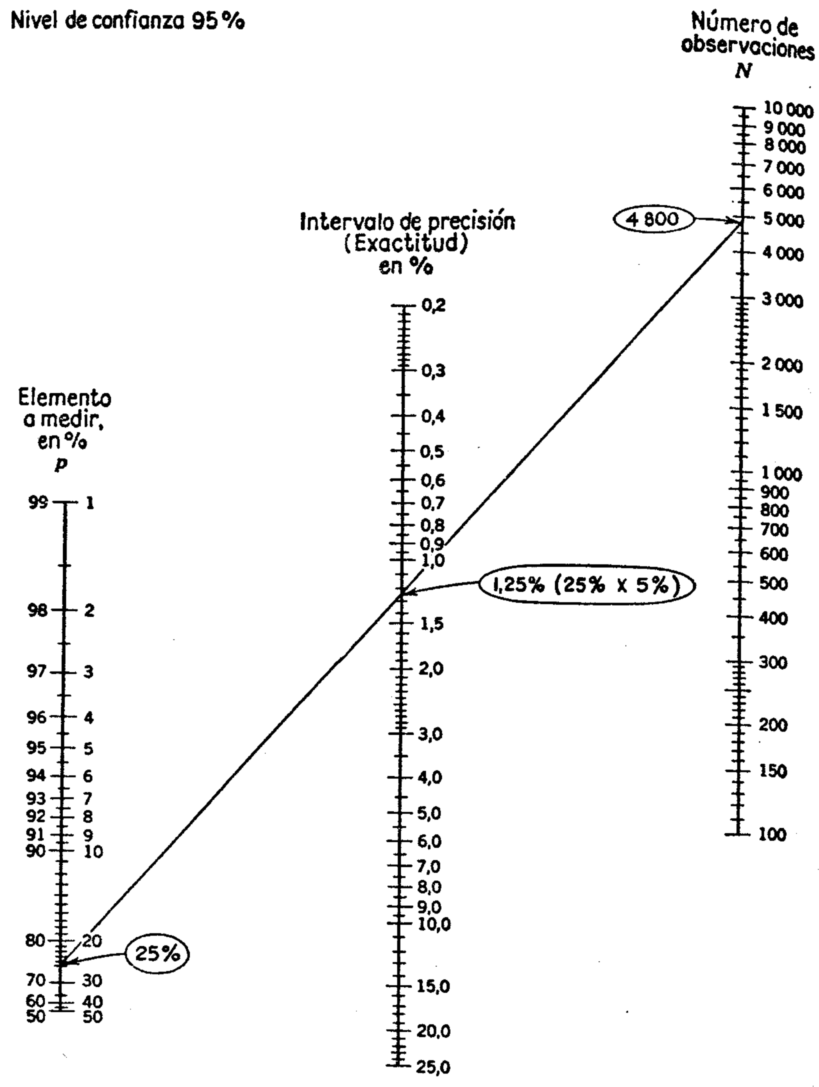
Para determinar el grado de precisión puede emplearse la tabla LXIV, en vez de la fórmula.

Error absoluto o precisión absoluta deseada.—La tabla LXV da el número de observaciones necesarias, para los diferentes valores de p, cuando el nivel de confianza es del 95 por 100 y se desea un grado de precisión de ± 5 %. La tabla LXV muestra la relación entre el valor de p y el número de observaciones necesarias. Cuando p es un 1 por 100, se necesitan 158.400 observaciones y solamente 1.600 si p es 50 por 100. El error absoluto en el primero caso es ± 5 % del 1 %, o sea ± 0,05 %. En el segundo caso el error absoluto es ± 5 % del 50 % = ± 2,50 %. No parece razonable exigir en un caso un error absoluto de ± 0,05 % y contentarse en otro con un error de ± 2,5 %. Hay quienes piensan

TABLA LXIV.—TABLA PARA DETERMINAR EL GRADO DE PRECISIÓN PARA UN NÚMERO DE OBSERVACIONES Y UN VALOR DE p DADOS, CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 POR 100

ERROR ABSOLUTO O PRECISION ABSOLUTA DESEADA

Porcentaje del tiempo total empleado en actividad o en espera, p	NUMERO DE OBSERVACIONES														
	10.000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000	900	800	700	600	500
1	±19,9	±21,0	±22,3	±23,8	±25,7	±28,1	±31,5	±36,3	±44,5	±62,9	±66,3	±70,4	±75,2	±81,3	±89,0
2	14,0	14,8	15,7	16,7	18,1	19,8	22,1	25,6	31,3	44,3	46,7	49,5	52,9	57,2	62,6
3	11,4	12,0	12,7	13,6	14,7	16,1	18,0	20,7	25,4	35,9	37,9	40,2	43,0	46,5	50,8
4	9,8	10,3	11,0	11,7	12,7	13,9	15,5	17,9	21,9	31,0	32,7	34,6	37,0	40,0	43,8
5	8,7	9,2	9,8	10,4	11,3	12,3	13,8	15,9	19,5	27,6	29,1	30,8	33,0	35,6	39,0
6	7,9	8,3	8,9	9,5	10,2	11,2	12,5	14,5	17,7	25,0	26,4	28,0	29,9	32,3	35,4
7	7,3	7,7	8,2	8,7	9,4	10,3	11,5	13,3	16,3	23,1	24,3	25,8	27,6	29,8	32,6
8	6,8	7,2	7,6	8,1	8,8	9,6	10,7	12,4	15,2	21,5	22,6	24,0	25,6	27,7	30,3
9	6,4	6,7	7,1	7,6	8,2	9,0	10,1	11,6	14,2	20,1	21,2	22,5	24,0	26,0	28,4
10	6,0	6,3	6,7	7,2	7,6	8,5	9,5	11,0	13,4	19,0	20,0	21,2	22,7	24,5	26,8
11	5,7	6,0	6,4	6,8	7,3	8,1	9,0	10,4	12,7	18,0	19,0	20,1	21,5	23,2	25,4
12	5,4	5,7	6,1	6,5	7,0	7,7	8,6	9,9	12,1	17,1	18,1	19,2	20,5	22,1	24,2
13	5,2	5,5	5,8	6,2	6,7	7,3	8,2	9,5	11,6	16,4	17,3	18,3	19,6	21,1	23,1
14	5,0	5,2	5,5	5,9	6,4	7,0	7,8	9,1	11,1	15,7	16,5	17,5	18,7	20,2	22,2
15	4,8	5,0	5,3	5,7	6,2	6,7	7,5	8,7	10,6	15,1	15,9	16,8	18,0	19,4	21,3
16	4,6	4,8	5,1	5,5	5,9	6,5	7,3	8,4	10,3	14,5	15,3	16,2	17,3	18,7	20,5
17	4,4	4,7	4,9	5,3	5,7	6,3	7,0	8,1	9,9	14,0	14,7	15,6	16,7	18,0	19,8
18	4,3	4,5	4,8	5,1	5,5	6,0	6,8	7,8	9,5	13,5	14,2	15,1	16,1	17,4	19,1
19	4,1	4,4	4,6	4,9	5,3	5,8	6,5	7,5	9,2	13,1	13,8	14,6	15,6	16,9	18,5
20	4,0	4,2	4,5	4,8	5,2	5,7	6,3	7,3	8,9	12,7	13,3	14,1	15,1	16,3	17,9
21	3,9	4,1	4,3	4,6	5,0	5,5	6,1	7,1	8,7	12,3	12,9	13,7	14,6	15,8	17,4
22	3,8	4,0	4,2	4,5	4,9	5,3	6,0	6,9	8,4	11,9	12,6	13,3	14,2	15,4	16,8
23	3,7	3,9	4,1	4,4	4,7	5,2	5,8	6,7	8,2	11,6	12,2	12,9	13,8	14,9	16,4
24	3,6	3,8	4,0	4,3	4,6	5,0	5,6	6,5	8,0	11,3	11,9	12,6	13,5	14,5	15,9
25	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5	4,9	5,5	6,3	7,8	11,0	11,6	12,3	13,1	14,1	15,5
26	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	6,2	7,5	10,7	11,2	11,9	12,8	13,8	15,1
27	3,3	3,5	3,7	3,9	4,2	4,7	5,2	6,0	7,4	10,4	11,0	11,6	12,4	13,4	14,7
28	3,2	3,4	3,6	3,8	4,1	4,5	5,1	5,9	7,2	10,1	10,7	11,3	12,1	13,1	14,4
29	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	5,0	5,7	7,0	9,9	10,4	11,1	11,8	12,8	14,0
30	3,05	3,2	3,4	3,65	3,9	4,3	4,8	5,6	6,8	9,7	10,2	10,8	11,6	12,5	13,7
31	3,00	3,1	3,3	3,60	3,85	4,2	4,7	5,5	6,7	9,4	9,9	10,6	11,3	12,2	13,4
32	2,90	3,05	3,25	3,50	3,75	4,1	4,6	5,3	6,5	9,2	9,7	10,3	11,0	11,9	13,0
33	2,85	3,00	3,20	3,40	3,70	4,0	4,5	5,2	6,4	9,0	9,5	10,1	10,8	11,6	12,7
34	2,80	2,90	3,10	3,30	3,60	3,9	4,4	5,1	6,2	8,8	9,3	9,9	10,5	11,4	12,5
35	2,70	2,85	3,05	3,25	3,50	3,85	4,3	5,0	6,1	8,6	9,1	9,6	10,3	11,1	12,2
36	2,65	2,80	3,00	3,20	3,45	3,75	4,2	4,9	6,0	8,4	8,9	9,4	10,1	10,9	11,9
37	2,60	2,75	2,90	3,10	3,35	3,7	4,1	4,8	5,8	8,3	8,7	9,2	9,9	10,7	11,7
38	2,55	2,70	2,85	3,05	3,30	3,6	4,0	4,7	5,7	8,1	8,6	9,0	9,7	10,4	11,4
39	2,50	2,65	2,80	3,00	3,25	3,55	3,95	4,6	5,6	7,9	8,3	8,8	9,5	10,2	11,2
40	2,45	2,60	2,75	2,90	3,15	3,45	3,85	4,5	5,5	7,8	8,2	8,7	9,3	10,0	11,0
41	2,40	2,55	2,70	2,85	3,10	3,40	3,80	4,4	5,4	7,6	8,0	8,5	9,1	9,8	10,7
42	2,35	2,50	2,65	2,80	3,05	3,30	3,70	4,3	5,3	7,4	7,8	8,3	8,9	9,6	10,5
43	2,30	2,45	2,60	2,75	2,95	3,25	3,65	4,2	5,2	7,3	7,7	8,1	8,7	9,4	10,3
44	2,25	2,40	2,50	2,70	2,90	3,20	3,55	4,1	5,0	7,1	7,5	8,0	8,5	9,2	10,1
45	2,20	2,35	2,45	2,65	2,85	3,15	3,50	4,05	4,95	7,0	7,4	7,8	8,4	9,0	9,9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
47	2,10	2,25	2,35	2,55	2,75	3,00	3,35	3,85	4,75	6,7	7,1	7,5	[illegible]	8,7	[illegible]
48	2,10	2,20	2,30	2,50	2,70	2,95	3,30	3,80	4,65	6,6	6,9	7,4	7,9	8,5	9,3
49	2,05	2,15	2,30	2,45	2,65	2,90	3,20	3,70	4,55	6,5	6,8	7,2	7,7	8,4	9,1
50	2,00	2,10	2,25	2,40	2,60	2,85	3,15	3,65	4,45	6,3	6,7	7,1	7,6	8,2	8,9
51	1,96	2,06	2,19	2,34	2,53	2,77	3,10	3,58	4,38	6,20	6,53	6,93	7,41	8,00	8,76
52	1,92	2,02	2,15	2,20	2,48	2,71	3,04	3,51	4,29	6,07	6,40	6,79	7,26	7,84	8,59
53	1,88	1,98	2,10	2,25	2,43	2,66	2,97	3,43	4,20	5,95	6,27	6,65	7,11	7,68	8,41
54	1,84	1,94	2,06	2,20	2,38	2,60	2,91	3,36	4,11	5,82	6,13	6,51	6,05	7,51	8,23
55	1,81	1,91	2,02	2,16	2,34	2,56	2,86	3,30	4,05	5,72	6,03	6,40	6,84	7,39	8,09
56	1,77	1,87	1,98	2,12	2,29	2,50	2,80	3,23	3,96	5,60	5,90	6,26	6,69	7,23	7,92
57	1,73	1,82	1,93	2,07	2,23	2,45	2,74	3,16	3,87	5,47	5,77	6,12	6,54	7,06	7,74
58	1,70	1,79	1,90	2,03	2,19	2,40	2,69	3,10	3,80	5,38	5,67	6,01	6,43	6,94	7,60
59	1,66	1,75	1,86	1,98	2,14	2,35	2,62	3,03	3,71	5,25	5,53	5,87	6,27	6,78	7,42
60	1,63	1,72	1,82	1,95	2,10	2,30	2,58	2,98	3,64	5,15	5,43	5,76	6,16	6,65	7,29
61	1,59	1,68	1,78	1,90	2,05	2,25	2,51	2,90	3,56	5,03	5,30	5,62	6,01	6,49	7,11
62	1,57	1,65	1,76	1,88	2,01	2,22	2,48	2,87	3,51	4,96	5,23	5,55	5,93	6,41	7,02
63	1,53	1,61	1,71	1,83	1,98	2,16	2,42	2,79	3,42	4,84	5,10	5,41	5,78	6,25	6,84
64	1,50	1,58	1,68	1,79	1,94	2,12	2,37	2,74	3,35	4,74	5,00	5,30	5,67	6,12	6,71
65	1,47	1,55	1,64	1,76	1,90	2,08	2,32	2,68	3,29	4,65	4,90	5,20	5,56	6,00	6,57
66	1,44	1,52	1,61	1,72	1,86	2,04	2,28	2,63	3,22	4,55	4,80	5,09	5,44	5,88	6,44
67	1,40	1,48	1,57	1,67	1,81	1,98	2,21	2,56	3,13	4,43	4,67	4,95	5,29	5,72	6,26
68	1,37	1,44	1,53	1,64	1,77	1,94	2,17	2,50	3,06	4,33	4,57	4,84	5,18	5,59	6,13
69	1,34	1,41	1,50	1,60	1,73	1,89	2,12	2,45	3,00	4,24	4,47	4,74	5,06	5,47	5,99
70	1,31	1,38	1,46	1,57	1,69	1,85	2,07	2,39	2,93	4,14	4,37	4,63	4,95	5,35	5,86
71	1,28	1,35	1,43	1,53	1,65	1,81	2,02	2,34	2,86	4,05	4,27	4,53	4,85	5,26	5,72
72	1,24	1,31	1,39	1,48	1,60	1,75	1,96	2,26	2,77	3,92	4,13	4,38	4,69	5,06	5,55
73	1,21	1,28	1,35	1,45	1,56	1,71	1,91	2,21	2,71	3,83	4,03	4,28	4,57	4,94	5,41
74	1,18	1,24	1,32	1,41	1,52	1,67	1,87	2,15	2,64	3,73	3,93	4,17	4,46	4,82	5,28
75	1,15	1,21	1,29	1,37	1,48	1,63	1,82	2,10	2,57	3,64	3,83	4,07	4,35	4,69	5,14
76	1,12	1,18	1,25	1,34	1,45	1,50	1,77	2,04	2,50	3,54	3,73	3,96	4,23	4,57	5,01
77	1,09	1,15	1,22	1,30	1,41	1,54	1,72	1,99	2,44	3,45	3,63	3,85	4,12	4,45	4,87
78	1,06	1,12	1,19	1,27	1,37	1,50	1,68	1,94	2,37	3,35	3,53	3,75	4,01	4,33	4,74
79	1,03	1,09	1,15	1,23	1,33	1,46	1,63	1,88	2,20	3,26	3,43	3,64	3,89	4,21	4,61
80	1,00	1,05	1,12	1,20	1,29	1,41	1,58	1,83	2,24	3,16	3,33	3,54	3,78	4,08	4,47
81	0,07	1,02	1,08	1,16	1,25	1,37	1,53	1,77	2,17	3,07	3,23	3,43	3,67	3,96	4,34
82	0,94	0,99	1,05	1,12	1,21	1,33	1,49	1,72	2,10	2,97	3,13	3,32	3,55	3,84	4,20
83	0,90	0,95	1,01	1,08	1,16	1,27	1,42	1,64	2,01	2,85	3,00	3,18	3,40	3,67	4,02
84	0,87	0,92	0,97	1,04	1,12	1,23	1,38	1,59	1,95	2,75	2,90	3,08	3,29	3,55	3,89
85	0,84	0,89	0,94	1,00	1,08	1,19	1,33	1,53	1,88	2,66	2,80	2,97	3,17	3,43	3,76
86	0,81	0,85	0,91	0,97	1,05	1,15	1,28	1,48	1,81	2,56	2,70	2,86	3,06	3,31	3,62
87	0,77	0,81	0,86	0,92	0,99	1,09	1,22	1,41	1,72	2,43	2,57	2,72	2,91	3,14	3,44
88	0,74	0,78	0,83	0,88	0,96	1,05	1,17	1,35	1,65	2,34	2,47	2,62	2,80	3,02	3,31
89	0,70	0,74	0,78	0,84	0,90	0,99	1,10	1,28	1,57	2,21	2,33	2,47	2,65	2,86	3,13
90	0,67	0,71	0,75	0,80	0,86	0,95	1,06	1,22	1,50	2,12	2,23	2,37	2,53	2,74	3,00
91	0,63	0,66	0,70	0,75	0,81	0,89	1,00	1,15	1,41	1,99	2,10	2,22	2,38	2,57	2,82
92	0,59	0,62	0,66	0,71	0,76	0,83	0,93	1,08	1,32	1,87	1,97	2,09	2,23	2,41	2,64
93	0,55	0,58	0,61	0,66	0,71	0,78	0,87	1,00	1,23	1,74	1,83	1,94	2,08	2,25	2,46
94	0,50	0,53	0,56	0,60	0,65	0,71	0,79	0,91	1,12	1,58	1,67	1,77	1,89	2,04	2,24
95	0,46	0,48	0,51	0,55	0,59	0,65	0,73	0,84	1,03	1,45	1,53	1,63	1,74	1,88	2,06
96	0,41	0,43	0,46	0,49	0,53	0,58	0,65	0,75	0,92	1,30	1,37	1,45	1,55	1,67	1,83
97	0,35	0,37	0,39	0,42	0,45	0,49	0,55	0,64	0,83	1,10	1,17	1,24	1,32	1,43	1,57
98	0,28	0,30	0,31	0,33	0,36	0,40	0,44	0,51	0,63	0,88	0,93	0,90	1,06	1,14	1,25
99	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28	0,32	0,37	0,45	0,63	0,67	0,71	0,79	0,82	0,89



1) Determinar el porcentaje medio p del elemento a medir, mediante estimación o por un estudio de ensayo. 2) Decidir la precisión S deseada para los resultados. 3) Determinar el intervalo de precisión multiplicando el porcentaje medio del elemento p por la precisión deseada S. 4) Prolongando la recta que une p con el intervalo de precisión, se obtiene el número de observaciones necesario en la escala correspondiente. *Ejemplo:* Para una precisión de ± 5 % y un valor de $p = 25$ %, el gráfico indica que son necesarias 4.800 observaciones.

FIG. 287.—Abaco logarítmico para la determinación del número de observaciones necesarias para valores dados de p y del grado de precisión, con nivel de confianza del 95 % (Cortesía de Johns-Mainville Corporation).

ue un error absoluto del 2,5 por 100 o el 3 por 100, o incluso del 3,5 or 100 es aceptable en muchas clases de muestreo de trabajo (5).

Por ejemplo, una muestra de 158.000 observaciones para un estuio de muestreo de trabajo no es realista. Sin embargo, esta exposición irve para explicar por qué debe modificarse la fórmula del error típico uando los valores de p son pequeños. La comprensión del significado el error absoluto ayudará al analista a concebir el estudio de muestreo e trabajo que debe hacer en una situación dada.

TABLA LXV.—RELACIÓN ENTRE EL VALOR DE p Y EL NÚMERO DE OBSERVACIONES

Porcentaje de presencia, p	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	40	50
Núm. de observaciones N	158.400	78.400	51.700	38.400	30.400	14.400	9.070	6.400	4.800	3.730	2.400	1.600

La tabla LXVI da el número de observaciones necesarias para un determinado valor de p y una determinada *precisión absoluta deseada*, con nivel de confianza del 95 por 100. La tabla LXVII se utiliza para determinar el grado absoluto de precisión para un valor de p y un número de observaciones dados, con nivel de confianza del 95 por 100.

Gráficos de control.—Los gráficos de control han encontrado amplio uso en el control de calidad. Los datos de inspección obtenidos al azar y marcados sobre el gráfico, muestran si el proceso está o no bajo control.

De manera análoga, el gráfico de control en el muestreo de trabajo permite al analista anotar los resultados diarios o acumulados del estudio de muestreo. Si un punto cae fuera de los límites de control, es muy probable que sea una señal de que se han presentado condiciones anormales o no usuales durante la parte correspondiente del estudio. Para fijar los límites superior e inferior de control se emplea ordinariamente el límite tres sigma, lo cual significa que solo hay tres probabilidades entre 1.000 de que el azar sea la causa de que un punto quede fuera de los límites. Puede suponerse con bastante seguridad que, si un

(5) A. J. ROWE, "The Work Sampling Technique". *Transactions of ASME*, páginas 331-34, febrero 1954. También, "Relative versus Absolute Errors in Delay Measurement", por A. J. Rowe, *Research Report* núm. 24, Universidad de California, 1953.

punto está fuera de los límites de control es porque hay alguna causa para ello. Así, p. ej., un pequeño incendio en una parte de la fábrica puede interrumpir la producción de los departamentos adyacentes y, los datos de muestreo tomados en ellos durante el día, señalar un excesivo tiempo de inactividad de los operarios estudiados. Esto sería una causa válida para que los datos quedaran fuera de control durante aquel día.

Puesto que se trata de un suceso esporádico, no se tendrán en cuenta los datos tomados el día del incendio y se calcularán los resultados del estudio utilizando los datos restantes. Para satisfacer las exigencias relativas al número de observaciones, será probablemente necesario prolongar el estudio un día más.

En la figura 288 se muestran los resultados de un estudio de muestreo de trabajo sobre tiempo de inactividad del operario de una gran prensa. Se hicieron cien observaciones diarias durante un período de doce días consecutivos. Los datos indican que el valor mínimo de la inactividad del obrero fue el 6 por 100 el día 9 de diciembre y el valor máximo el 23 por 100, el 13 de diciembre.

En la figura 288 se da la fórmula para calcular los límites superior e inferior de control, que son + 19 por 100 y + 1 por 100, respectivamente, y el gráfico del control que corresponde a los datos. Los resultados del estudio del 13 de diciembre estaban fuera de control por una "causa válida" (fue el día en que ocurrió el incendio en el departamento vecino). Para determinar los límites de control superior e inferior puede emplearse también el ábaco logarítmico de la figura 289.

También es útil el gráfico de control para determinar la duración de un estudio de muestreo de trabajo. El gráfico de la figura 290 muestra que el porcentaje de "unidades de transporte disponibles" empieza a nivelarse hacia las 800 observaciones (6), lo que indica que se ha tomado un número suficiente de observaciones. Sin embargo, para estar seguros de que los resultados finales están dentro de la precisión deseada, deben hacerse las comprobaciones necesarias, como se explicó anteriormente.

Uso de tablas de números aleatorios.—Para que el muestreo de trabajo sea estadísticamente aceptable, es necesario que cada momento tenga la misma probabilidad de ser elegido o, dicho de otra manera, las observaciones deben ser aleatorias, carecer de sesgo y ser independientes. Quizá el mejor medio de garantizar la aleatoriedad

(6) Para más información sobre este estudio véase RALPH M. BARNES: *Work Sampling*, John Wiley and Sons, Nueva York, 1957, págs. 71-79. (Versión española editada por Aguilar, S. A., con el título *La técnica del muestreo aplicada a la medida del trabajo*, 1962.)

TABLA LXVI.—TABLA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE OBSERVACIONES PARA UN ERROR ABSOLUTO O GRADO ABSOLUTO DE PRECISIÓN Y UN VALOR DE p DADOS, CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 POR 100

Porcentaje del tiempo total empleado en actividad o en espera, p	ERROR ABSOLUTO					
	± 1,0 %	± 1,5 %	± 2,0 %	± 2,5 %	± 3,0 %	± 3,5 %
1	396	176	99	63	44	32
2	784	348	196	125	87	64
3	1.164	517	291	186	129	95
4	1.536	683	384	246	171	125
5	1.900	844	475	304	211	155
6	2.256	1.003	564	361	251	184
7	2.604	1.157	651	417	289	213
8	2.944	1.308	736	471	327	240
9	3.276	1.456	819	524	364	267
10	3.600	1.600	900	576	400	294
11	3.916	1.740	979	627	435	320
12	4.224	1.877	1.056	676	469	344
13	4.524	2.011	1.131	724	503	369
14	4.816	2.140	1.204	771	535	393
15	5.100	2.267	1.275	816	567	416
16	5.376	2.389	1.344	860	597	439
17	5.644	2.508	1.411	903	627	461
18	5.904	2.624	1.476	945	656	482
19	6.156	2.736	1.539	985	684	502
20	6.400	2.844	1.600	1.024	711	522
21	6.636	2.949	1.659	1.062	737	542
22	6.864	3.050	1.716	1.098	763	560
23	7.084	3.148	1.771	1.133	787	578
24	7.296	3.243	1.824	1.167	811	596
25	7.500	3.333	1.875	1.200	833	612
26	7.696	3.420	1.924	1.231	855	628
27	7.884	3.504	1.971	1.261	876	644
28	8.064	3.584	2.016	1.290	896	658
29	8.236	3.660	2.059	1.318	915	672
30	8.400	3.733	2.100	1.344	933	686
31	8.556	3.803	2.139	1.369	951	698
32	8.704	3.868	2.176	1.393	967	710
33	8.844	3.931	2.211	1.415	983	722
34	8.976	3.989	2.244	1.436	997	733
35	9.100	4.044	2.275	1.456	1.011	743
36	9.216	4.096	2.340	1.475	1.024	753
37	9.324	4.144	2.331	1.492	1.036	761
38	9.424	4.188	2.356	1.508	1.047	769
39	9.516	4.229	2.379	1.532	1.057	777
40	9.600	4.266	2.400	1.536	1.067	784
41	9.676	4.300	2.419	1.548	1.075	790
42	9.744	4.330	2.436	1.559	1.083	795
43	9.804	4.357	2.451	1.569	1.089	800
44	9.856	4.380	2.464	1.577	1.095	804
45	9.900	4.400	2.475	1.584	1.099	808
46	9.936	4.416	2.484	1.590	1.104	811
47	9.964	4.428	2.491	1.594	1.107	813
48	9.984	4.437	2.496	1.597	1.109	815
49	9.996	4.442	2.499	1.599	1.110	816
50	10.000	4.444	2.500	1.600	1.111	816

TABLA LXVI. *(Continuación.)*

Porcentaje del tiempo total empleado en actividad o en espera, *p*	ERROR ABSOLUTO					
	± 1,0 %	± 1,5 %	± 2,0 %	± 2,5 %	± 3,0 %	± 3,5 %
51	9.996	4.442	2.499	1.599	1.110	816
52	9.984	4.437	2.496	1.597	1.109	815
53	9.964	4.428	2.491	1.594	1.107	813
54	9.936	4.416	2.484	1.599	1.104	811
55	9.900	4.400	2.475	1.584	1.099	808
56	9.856	4.380	2.464	1.577	1.095	804
57	9.804	4.357	2.451	1.569	1.089	800
58	9.744	4.330	2.436	1.559	1.083	795
59	9.676	4.300	2.419	1.548	1.075	890
60	9.600	4.266	2.400	1.536	1.067	784
61	9.516	4.229	2.379	1.523	1.057	777
62	9.424	4.188	2.356	1.508	1.047	769
63	9.324	4.144	2.331	1.492	1.036	761
64	9.216	4.096	2.304	1.475	1.024	753
65	9.100	4.044	2.275	1.456	1.011	743
66	8.976	3.989	2.244	1.436	997	733
67	8.844	3.931	2.211	1.415	983	722
68	8.704	3.868	2.176	1.393	967	710
69	8.556	3.803	2.139	1.369	951	698
70	8.400	3.733	2.100	1.344	933	686
71	8.236	3.660	2.059	1.318	915	672
72	8.064	3.584	2.016	1.290	896	658
73	7.884	3.504	1.971	1.261	876	644
74	7.696	3.420	1.924	1.231	855	628
75	7.500	3.333	1.875	1.200	833	612
76	7.296	3.243	1.824	1.167	811	596
77	7.084	3.148	1.771	1.133	787	578
78	6.864	3.050	1.716	1.089	763	560
79	6.636	2.949	1.659	1.062	737	542
80	6.400	2.844	1.600	1.024	711	522
81	6.156	2.736	1.539	985	684	502
82	5.904	2.624	1.476	945	656	482
83	5.644	2.508	1.411	903	627	461
84	5.376	2.389	1.344	860	597	439
85	5.100	2.267	1.275	816	567	416
86	4.816	2.140	1.204	771	535	393
87	4.524	2.011	1.131	724	503	369
88	4.224	1.817	1.056	676	469	344
89	3.916	1.740	979	627	435	320
90	3.600	1.600	900	576	400	294
91	3.276	1.456	819	524	364	267
92	2.944	1.308	736	471	327	240
93	2.604	1.157	651	417	289	213
94	2.256	1.003	564	361	251	184
95	1.900	844	475	304	211	155
96	1.536	683	384	246	171	125
97	1.164	517	291	186	129	95
98	784	348	196	125	87	64
99	396	176	99	63	44	32

de la muestra sea el empleo de la tabla de números aleatorios, la cual puede usarse, en primer lugar, para determinar la hora del día en que debe hacerse la observación. También puede emplearse para

TABLA LXVII.—TABLA PARA DETERMINAR EL ERROR ABSOLUTO O GRADO ABSOLUTO DE PRECISIÓN (POR CIENTO) PARA UN NÚMERO DE OBSERVACIONES Y UN VALOR *p* DADOS, CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 POR 100

Porcentaje del tiempo total empleado en actividad o en espera, *p*	NUMERO DE OBSERVACIONES									
	10.000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000
1	±0,20	±0,21	±0,22	±0,24	±0,26	±0,28	±0,30	±0,36	±0,44	±0,63
3	0,34	0,36	0,38	0,41	0,44	0,48	0,54	0,62	0,76	1,08
5	0,44	0,46	0,49	0,52	0,56	0,62	0,69	0,79	0,97	1,38
7	0,51	0,54	0,57	0,61	0,66	0,72	0,81	0,93	1,14	1,61
10	0,60	0,63	0,67	0,72	0,77	0,85	0,95	1,10	1,34	1,89
15	0,71	0,75	0,79	0,85	0,92	1,00	1,12	1,29	1,59	2,26
20	0,80	0,84	0,89	0,96	1,03	1,13	1,26	1,46	1,79	2,53
25	0,86	0,91	0,96	1,04	1,11	1,22	1,36	1,57	1,92	2,74
30	0,91	0,96	1,01	1,09	1,17	1,29	1,44	1,66	2,03	2,89
35	0,95	1,00	1,06	1,14	1,23	1,34	1,50	1,73	2,12	3,02
40	0,97	1,02	1,08	1,17	1,25	1,37	1,53	1,77	2,17	3,09
45	0,99	1,04	1,10	1,19	1,28	1,39	1,57	1,80	2,21	3,13
50	1,00	1,06	1,11	1,20	1,29	1,41	1,58	1,82	2,24	3,16
	900	800	700	600	500	400	300	200	100	
1	± 0,66	±0,70	±0,75	±0,81	±0,89	±1,00	±1,15	±1,41	±1,99	
3	1,13	1,21	1,29	1,39	1,52	1,71	1,97	2,41	3,41	
5	1,45	1,54	1,65	1,78	1,95	2,18	2,52	3,08	4,36	
7	1,70	1,80	1,93	2,08	2,28	2,55	2,94	3,61	5,10	
10	1,99	2,12	2,27	2,45	2,68	3,00	3,46	4,24	6,00	
15	2,38	2,52	2,70	2,90	3,19	3,57	4,12	5,05	7,14	
20	2,67	2,83	3,02	3,27	3,58	4,00	4,62	5,66	8,00	
25	2,89	3,06	3,27	3,54	3,87	4,33	4,99	6,12	8,66	
30	3,06	3,24	3,46	3,73	4,10	4,58	5,29	6,48	9,17	
35	3,18	3,37	3,60	3,90	4,27	4,77	5,51	6,75	9,54	
40	3,26	3,46	3,70	3,99	4,38	4,90	5,65	6,92	9,80	
45	3,30	3,50	3,74	4,04	4,43	4,95	5,71	7,00	9,91	
50	3,33	3,54	3,78	4,08	4,77	5,00	5,77	7,07	10,00	

indicar el orden en que se observará a los obreros o el lugar concreto del departamento o taller en que se tomará la lectura.

En la tabla LXVIII, el primer número es 950.622. El primer dígito de este número puede indicar la hora y el segundo y tercero los minutos. Así, 950 indicaría 9,50 o sea las 9,30 horas. La segunda mitad del número, 622, puede leerse como 6,22, o, aproximadamente las 6,13

Fecha del estudio	Nº total de observaciones	Nº de observaciones "Operario inactivo"	% de la jornada con "Operario inactivo"
12-5	100	9	9
12-6	100	10	10
12-7	100	12	12
12-8	100	8	8
12-9	100	6	6
12-12	100	9	9
12-13	100	23	23
12-14	100	9	9
12-15	100	8	8
12-16	100	9	9
12-19	100	9	9
12-20	100	8	8
	1200	120	

La fórmula para determinar los límites de control para p es:

Límites de control para $p = p \pm 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$

N = número total de observaciones = 1200

n = número de observaciones diarias $= \frac{\text{número total de observaciones}}{\text{número de días de estudio}} = \frac{1200}{12} = 100$

$p = \frac{\text{número de observaciones "operario inactivo"}}{\text{número total de observaciones}} = \frac{120}{1200} = 0{,}10$

Límites de control para $p = 0{,}10 \pm 3\sqrt{\frac{0{,}10 \times 0{,}90}{100}}$

$= 0{,}10 \pm 3\sqrt{0{,}0009} = 0{,}10 \pm 0{,}09$

$= +0{,}19$ y $+0{,}01 = +19\%$ y $+1\%$

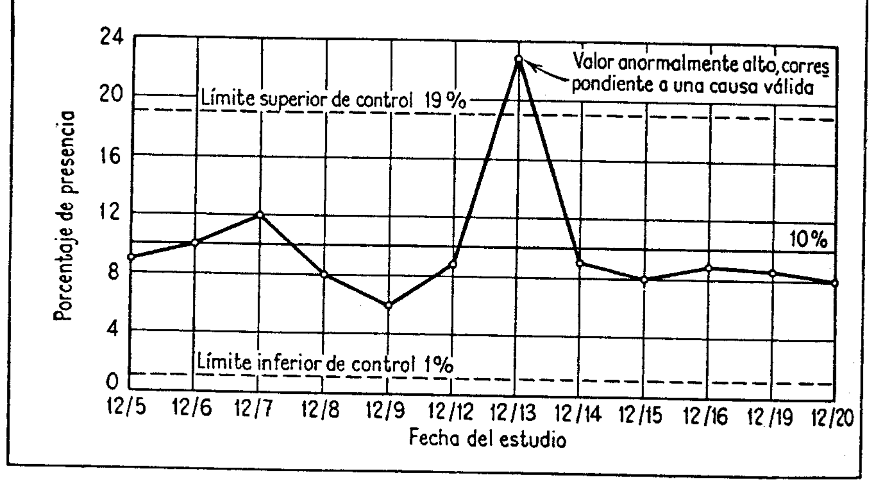
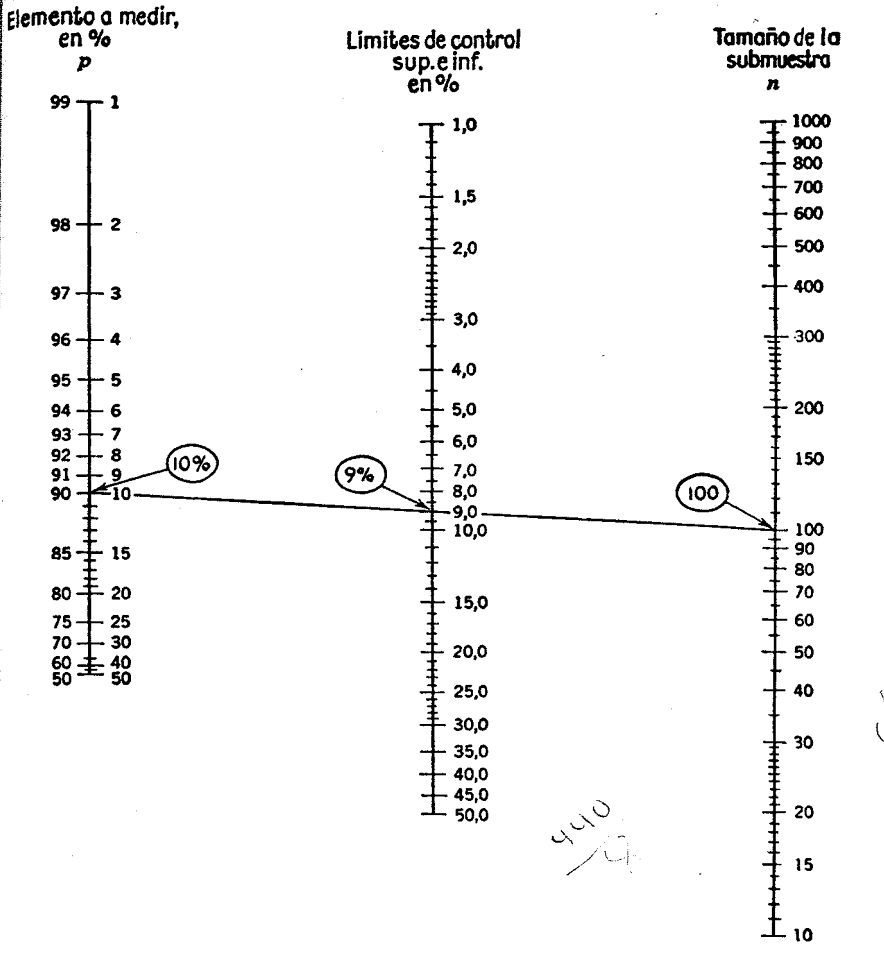


FIG. 288.—Gráfico de control.

3 desviaciones típicas



1) En la línea de la izquierda se localiza el elemento a medir, expresado n porcentaje. 2) En la línea de la derecha se localiza el número de obseraciones hechas cada día durante el estudio. 3) Uniendo estos dos puntos on una línea recta, se leen sobre la línea central los "límites de control". *jemplo:* Como indica la figura 288, el operario estuvo inactivo el 10 % de jornada, o sea, $p = 10$ por 100; n = número de observaciones diarias = 100. n consecuencia, los límites de control son $\pm$ 9 %. O sea el límite superior de ontrol es $0{,}10 + 0{,}09 = 0{,}19$ ó 19 %; el límite inferior de control es $0{,}10 - 0{,}09 = 0{,}01$ ó 1 %.

IG. 289.—Abaco logarítmico para determinar los límites de control (Cortesía de Johns-Manville Corporation).

horas. Como la fábrica solamente trabaja de 8 a 12 de la mañana y de 1 a 5 de la tarde, se descartará este número por quedar fuera del período de trabajo. El número siguiente, 133, indicaría que deberá

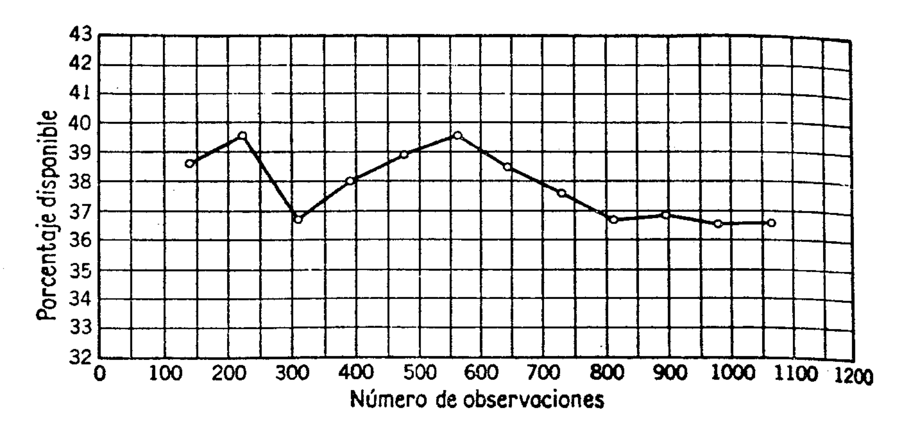


FIG. 290.—Gráfico que muestra la variación diaria en las unidades de transporte disponibles durante un muestreo de trabajo.

hacerse una observación a la 1,33, o, aproximadamente, a las 1,20 horas. De manera análoga se elegirían los instantes aleatorios que fueran necesarios para el estudio en cuestión. Si se han de hacer diariamente 50 observaciones, se obtendrán 50 números de la tabla de números aleatorios, y se colocará cada uno sobre una tarjeta. Estas tarjetas, dispuestas en orden desde el comienzo al fin de la jornada laboral, servirán de programa al analista mientras hace sus observaciones, las

TABLA LXVIII.—TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

950622	220985	742942	783807	907093	989408	037183
133869	362686	485453	194660	687432	674192	695066
899093	785915	610163	414101	171067	096124	978142
269577	163214	211559	168942	326355	358421	268787
947189	069133	356141	679380	866478	595132	347104

ales no se realizan generalmente durante el período de la comida, tampoco durante los períodos de descanso reglamentarios.

El observador debe tener como norma empezar cada vez su recorido desde un lugar distinto del departamento o fábrica. El primer uesto a observar puede elegirse también haciendo uso de la tabla de úmeros aleatorios. El número 9.506 puede indicar que se iniciarán s observaciones a las 9 horas 30 minutos de la mañana y que se menzarán por el departamento 6. El observador también puede camar de dirección en su recorrido, y pasar de departamento a departaento, a fin de alcanzar un mayor grado de aleatoriedad.

Puesto que es importante seguir un plan de muestreo aleatorio, conveniente que sea lo más sencillo posible. La tabla de momentos eatorios (tabla LXIX) se construyó a partir de una tabla de números eatorios. Esta tabla comprende cronológicamente 25 momentos aleaorios para cada uno de los 14 días de ocho horas de trabajo. Las cias representadas en las columnas se traducen con facilidad en horas erdaderas. Representan las horas y minutos a partir del comienzo e la jornada de trabajo. Así, p. ej., suponiendo que la jornada coience a las 8 de la mañana, el primer momento aleatorio de la priera columna, 0:05, se interpretará como las 8 horas 5 min. De maera análoga, el último momento aleatorio de la misma columna, :25 representará 8:00 + 7:25 = 15:25, o sea las 3 horas 25 minus de la tarde.

Manejando adecuadamente la tabla LXIX se puede obtener una lista momentos aleatorios tan grande como se quiera. Si, para un día, piensa en 25 o menos observaciones, bastará con una columna. na vez que la columna elegida se ha expresado en términos horaios, los momentos correspondientes a períodos reglamentarios de desanso se eliminan. Si el número de valores restantes es mayor que el aneado, se emplean los números situados entre paréntesis, a la izuierda de algunos tiempos, para reducir así la lista al número deado.

Estos números auxiliares indican el orden en que originalmente se eleccionaron los tiempos a partir de la tabla de números aleatorios. fin de mantener la aleatoriedad de la lista, se eliminarán de ella s números en orden inverso al de su selección. De esta manera, si lamente se han elegido 20 valores de la columna 1, los tiempos degnados como [25], [24], [23], [22] y [21], que corresponderían a :15, 1:35, 6:20, 1:10 y 3:45, respectivamente, se omitirían.

Si hay que hacer más de 25 observaciones al día, pueden combinarse s o más columnas y eliminar las duplicaciones. El procedimiento nteriormente descrito puede aplicarse para completar el número deseao de observaciones. Se emplearán diferentes columnas o combinacio-

TABLA LXIX.—TABLA DE MOMENTOS ALEATORIOS DE MUESTREO

1	2	3	4	5	6	7
(19)0:05	0:20	0:10	0:15	(18)0:05	(23)0:10	0:15
0:20	(18)0:50	(16)0:35	0:25	0:25	0:25	(21)0:20
0:55	(24)1:20	0:55	(16)1:20	0:45	(21)0:30	(16)0:35
(22)1:10	(21)1:45	(24)1:00	1:40	1:05	0:40	(15)0:50
(20)1:20	1:55	1:10	1:55	(21)1:50	1:10	1:00
(24)1:35	2:00	1:45	2:00	(20)2:10	1:20	1:25
2:30	2:30	(19)2:00	2:30	2:20	1:30	(23)1:40
3:05	2:40	2:05	(15)2:50	2:30	2:25	(22)1:50
(16)3:10	3:10	(21)2:45	3:10	(19)2:35	2:35	1:55
(25)3:15	(23)3:30	2:50	(18)3:30	(17)2:50	2:40	2:45
3:25	(22)3:40	(22)3:00	3:45	(23)3:00	(24)2:55	(25)3:05
(21)3:45	3:50	3:20	3:50	(16)3:10	(19)3:05	3:50
4:00	4:05	3:30	4:30	3:40	3:15	(19)4:00
4:10	(16)4:15	(20)4:40	(20)4:40	(24)3:45	(17)3:25	4:25
(18)4:35	(17)4:20	4:45	5:10	(15)4:30	(15)3:30	(18)4:45
4:55	(19)4:25	4:55	5:20	5:00	3:40	(20)5:00
5:00	4:30	5:00	(17)5:30	5:45	(16)3:50	5:10
(15)5:05	(15)4:35	(18)5:55	(25)5:45	(22)5:50	4:00	(24)5:15
(17)5:35	5:20	(25)6:00	(19)5:50	5:55	4:15	6:20
5:55	5:35	6:05	(21)6:15	6:00	4:25	6:25
(23)6:20	6:15	(23)6:35	6:20	6:35	(18)4:35	6:50
6:45	(20)6:40	(15)6:40	(24)6:25	6:45	(22)5:40	6:55
6:50	(25)6:45	7:10	6:50	(25)7:00	(25)6:45	7:15
7:10	7:10	7:35	7:30	7:45	6:55	7:40
7:25	7:35	(17)7:50	7:55	7:55	(20)7:35	(17)7:45

8	9	10	11	12	13	14
(17)0:05	0:25	0:05	(25)0:05	(22)0:10	(25)0:10	0:10
(18)0:20	0:30	0:15	(18)0:15	0:20	0:15	(17)0:15
(15)1:05	0:40	0:40	0:20	0:30	1:10	0:20
1:25	(24)0:45	1:30	0:25	1:30	1:25	(22)0:25
1:30	1:00	1:45	0:55	(19)1:45	(21)1:30	(24)0:50
2:05	(18)1:10	(21)2:20	1:20	1:50	1:40	(18)1:25
2:25	(17)1:25	2:25	1:35	2:25	1:45	1:35
(24)2:40	1:40	(22)3:10	1:55	(25)2:35	(16)2:05	(23)2:10
(16)3:00	2:15	(20)3:40	(17)2:10	(17)3:05	2:40	(20)2:15
3:20	2:20	(15)3:50	2:30	3:10	(19)2:45	2:40
4:25	2:30	4:15	2:45	3:50	2:55	2:55
4:45	(15)2:40	(24)4:20	(21)2:50	3:55	(22)3:40	3:35
4:50	2:45	4:30	(22)2:55	4:05	3:45	(21)3:40
(25)4:55	(21)3:05	(25)4:40	(15)3:00	4:10	(18)3:50	4:35
5:05	(16)3:30	4:55	(16)3:30	4:50	(24)4:05	(16)4:45
5:15	3:35	5:00	3:35	(21)5:10	(20)4:25	(19)5:05
5:50	4:00	5:15	(23)3:45	(16)5:25	4:55	5:10
5:55	4:15	(19)5:20	4:05	(15)5:30	5:15	5:50
(22)6:00	(23)4:50	5:25	5:00	(24)6:00	5:45	6:05
(20)6:10	(20)5:45	(23)6:05	(19)5:40	6:05	(15)6:20	6:20
(19)6:20	(22)5:50	(17)6:45	(24)5:50	6:15	6:25	7:05
6:35	6:25	(18)7:15	6:25	6:30	(17)6:30	7:10
(23)7:10	(19)6:50	7:25	7:20	(18)6:50	6:35	7:20
7:15	(25)7:05	7:35	7:40	(23)6:55	(23)7:35	(25)7:50
(21)7:30	7:30	(16)7:55	(20)7:50	(20)7:25	7:50	(15)7:55

nes de columnas a fin de preparar las observaciones aleatorias para diferentes días (7).

PROCEDIMIENTO PARA HACER UN ESTUDIO DE MUESTREO DE TRABAJO

A continuación se describe el procedimiento para planear y organizar un estudio de muestreo de trabajo y en la última parte del presente capítulo se explicará el procedimiento que ha de seguirse para efectuar la medida del trabajo por medio del muestreo.

Fases de un estudio de muestreo de trabajo.—Generalmente se requieren las siguientes fases en un estudio de muestreo de trabajo.

1. Definir el problema.

a) Fijar los principales objetivos o fines del proyecto o problema.

b) Describir detalladamente cada elemento que deba medirse.

2. Obtener la aprobación del jefe del departamento en que vaya a realizarse el estudio. Adquirir la seguridad de que los operarios a estudiar y el resto del personal del departamento comprenden el objeto del estudio y obtener su cooperación.

3. Determinar la precisión que se desea obtener en los resultados finales. Puede expresarse como error típico de un porcentaje o precisión deseada, o como error absoluto o precisión absoluta deseada. También debe fijarse el nivel de confianza.

4. Hacer una estimación preliminar del porcentaje de presencia de la actividad o espera que vaya a medirse. Para ello, cabe basarse sobre experiencias anteriores, pero es preferible, en general, hacer un estudio previo durante uno o dos días.

5. Proyectar el estudio.

a) Determinar el número de observaciones a realizar.

b) Determinar el número de observadores que se precisarán. Seleccionarlos e instruirlos.

c) Determinar el número de días o turnos que requerirá el estudio.

d) Establecer planes detallados para efectuar las observaciones, tales como el momento de realizarlas y ruta a seguir por el observador.

---

(7) RALPH M. BARNES y ROBERT B. ANDREWS: "Perfomance Sampling in Work Measurement", informe de un proyecto de investigación, presentado en *Work Sampling*, por Ralph M. Barnes, John Wiley & Sons, Nueva York, 1957, capítulo 22. Versión española, en Aguilar, con el título *La técnica del muestreo aplicada a la medida del trabajo*, 1962.

e) Proyectar la hoja de observación o la tarjeta IBM.

6. Hacer las observaciones de acuerdo con el plan. Analizar y resumir los datos.

a) Hacer las observaciones y anotar los datos.

b) Resumir los datos al final de cada día.

c) Determinar los límites de control.

d) Pasar los datos al gráfico de control, al final de cada día.

7. Comprobar la exactitud o precisión de los datos al acabar el estudio.

8. Preparar el informe y establecer conclusiones. Hacer las recomendaciones que se impongan.

Fines del estudio.—Ordinariamente, un estudio de muestreo de trabajo solamente debe emprenderse a petición de un miembro ejecutivo o asesor de la dirección del departamento. En muchas empresas se pide al departamento de organización o al de métodos que haga el estudio. Sin embargo, a no ser que dicho estudio requiera valorar la actuación del operario y el establecimiento de tiempos tipo, no será necesario emplear analistas experimentados o ingenieros de organización para hacer el estudio y, en la práctica, es frecuente que los mismos contramaestres hagan los estudios de muestreo.

Los objetivos del estudio propuesto deben cumplirse siguiendo las directrices iniciales. Deberá prepararse una exposición detallada del objeto del estudio, a fin de que este pueda realizarse correctamente. El analista deberá tratar de darse cuenta con todo detalle del contenido que habrá de tener el informe final, lo cual le ayudará a los fines de determinar el grado de precisión requerido y la duración del estudio.

Elementos que deben medirse.—El objeto del estudio indicará cómo deben clasificarse las actividades y esperas. Cuando se necesita una información general, con pocos elementos puede ser suficiente. En otras situaciones se puede desear una clasificación más detallada y, por consiguiente, cada elemento representará un porcentaje más pequeño del total, requiriéndose más observaciones, con lo que aumenta el coste del estudio. Si el muestreo de trabajo se hace con el propósito de que ayude a reducir los períodos de inactividad y a aumentar la producción por hombre hora, los elementos deben ser capaces de revelar las esperas debidas al operario, tales como retraso en empezar la tarea y abandono de la misma antes de la hora. También deben revelar esperas imputables a la dirección, tales como retrasos en la entrega de materiales o paradas de las máquinas para reparación o ajuste. Si el estudio se hace para establecer tiempos tipo, primero se considerará la

unidad de medida, como en el estudio de tiempos. Las unidades producidas deberán permitir un cálculo fácil y exacto.

Independientemente del propósito del estudio o de la naturaleza de la clasificación, debe definirse cuidadosamente cada elemento a medir, a fin de que su identificación no pueda prestarse a error, siendo conveniente preparar cuidadosamente una definición escrita.

Proyecto de la hoja de observación.—En la mayoría de los casos se preparará una nueva hoja de observación para cada estudio de muestreo de trabajo. No obstante, la mayoría de estas hojas siguen un modelo análogo. Uno de los fines del estudio preliminar es determinar qué información ha de obtenerse, y, desde luego, en esta se basará el diseño de la hoja de observación. Debe ser sencilla, dispuesta de tal manera que facilite la anotación y resumen de los datos y disponer del suficiente espacio para recoger toda la información què pueda necesitarse para preparar el informe final del estudio. Cuando se emplee el muestreo de trabajo para la fijación de tiempos tipo, se incluirá en la hoja toda la información esencial que aparecería sobre la hoja de observaciones del estudio de tiempos.

La experiencia enseña que el tiempo necesario para tabular y calcular los resultados de un estudio de muestreo de trabajo puede reducirse del 25 al 50 por 100 si, en vez de hacer el trabajo a mano, se emplean equipo y tarjetas sensibles IBM.

Empleo de la cámara tomavistas para estudios de muestreo de trabajo.—Para algunas clases de muestreo de trabajo puede emplearse satisfactoriamente la cámara tomavistas. La cámara y el cronógrafo representados en la figura 291 permiten tomar imágenes a intervalos aleatorios durante las ocho horas de la jornada laboral. Los tiempos de observación pueden fijarse previamente, colocando pequeñas pinzas metálicas alrededor de la esfera del cronógrafo, empleando para ello una tabla de números aleatorios. El cronógrafo también puede disponerse para tomar imágenes a intervalos *regulares* durante la jornada, si así se desea. El cronógrafo, que funciona por medio de un motor eléctrico, acciona un motor síncrono y este, a su vez, acciona la cámara a razón de 1.000 imágenes por minuto. Sobre el cronógrafo hay un dispositivo independiente que permite fijar el "tiempo de funcionamiento" de la cámara para intervalos de 2 a 30 segundos cada uno. El tiempo de funcionamiento de la cámara, o la duración del período de observación, se fijará previamente en el cronógrafo, manteniéndolo constante mientras dure el estudio. Como la toma se hace a la velocidad de 1.000 imágenes por minuto, si se proyecta la película a la misma velocidad puede hacerse sobre ella una valoración de la actuación del operario.

Para tomar 50 ó 100 imágenes por minuto se puede acoplar a la

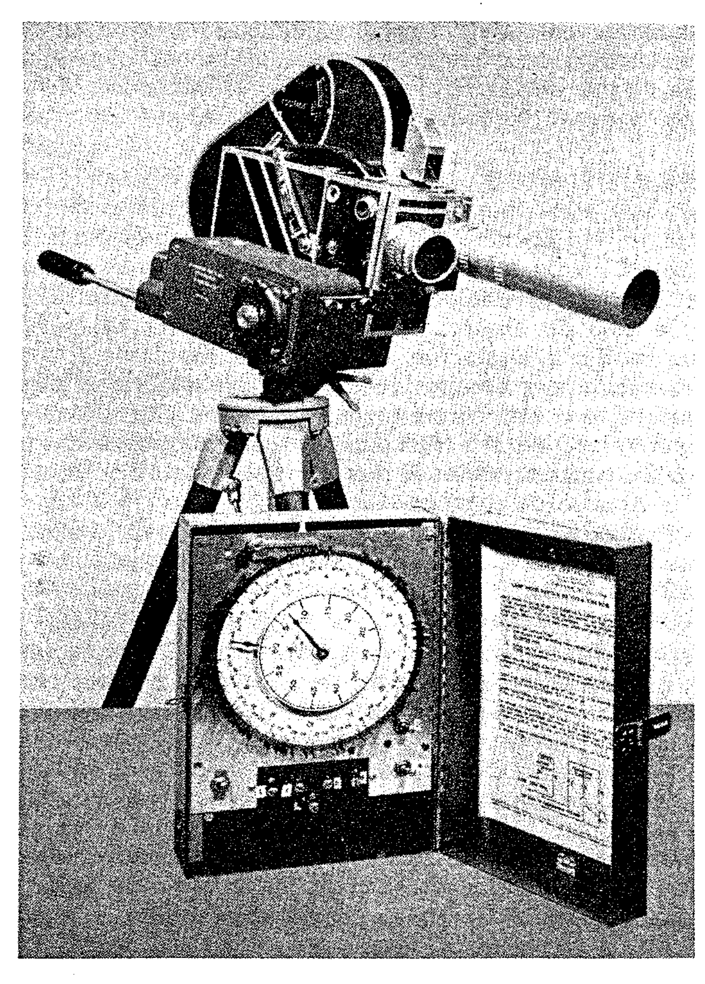


FIG. 291.—Cámara tomavistas accionada por motor síncrono y cronógrafo dispuesto para accionar la cámara a intervalos aleatorios, durante una jornada laboral de ocho horas.

cámara un reductor (A en la Fig. 89). Durante la jornada pueden tomarse una o varias imágenes, bien a intervalos aleatorios bien a intervalos regulares, lo que permite obtener un satisfactorio análisis de actividades y esperas de los obreros o de las máquinas para muchas clases de trabajo. Con una cámara capaz de captar imágenes a intervalos regulares

pueden obtenerse todos los datos necesarios, empleando pocos metros de película en una jornada completa.

Muestreo continuo de actuaciones.—La dirección se esfuerza en controlar todos los costes, y en la mayor parte de las empresas es de importancia esencial el control de costes de mano de obra. El método usual es fijar tiempos tipo para operaciones específicas, y hacer un recuento del número de unidades producidas cada día. Así, el número de minutos tipo pagados puede compararse con el número de minutos realmente trabajados, y es factible determinar un índice de actuación para cada trabajador y para el departamento. Se emplea extensamente este plan de control de la mano de obra, y es muy eficaz para muchos casos. En el ejemplo que sigue, el operario produce 600 piezas buenas cuyo tiempo tipo es de 1,0 minutos por pieza. Ha trabajado una jornada de 8 horas, y su índice de actuación fue 125 %, o sea, 25 % sobre la norma.

$$\frac{\left\{\begin{matrix}\text{Número de piezas produ-}\\ \text{cidas en la jornada}\end{matrix}\right\} \times \left\{\begin{matrix}\text{Tiempo tipo por pieza}\\ \text{en minutos}\end{matrix}\right\}}{(\text{Horas trabajadas en la jornada}) \times 60} \times 100 = \text{índice de actuación}$$

$$\frac{(600 \text{ piezas}) \times (1{,}0 \text{ minutos por pieza})}{(8 \text{ horas}) \times 60} \times 100 = 125\ \%$$

No obstante, hay mucho trabajo que no se presta por sí mismo a la medida directa. Los ciclos pueden ser largos y variados, los métodos no estar normalizados, y frecuentemente es difícil contar las unidades de trabajo terminadas. En esta categoría entra gran parte del trabajo indirecto de la fábrica. En estos casos es posible conseguir cierto control de los costes empleando el muestreo de trabajo. Cabe realizar un muestreo continuo de actuaciones, es decir, hacer observaciones aleatorias de todos los obreros de un departamento, durante un mes o semana completos, y computar los resultados para este período. Este mismo procedimiento puede repetirse luego, semana tras semana. La dirección puede disponer de información concerniente a la mano de obra de un departamento, con datos tales como:

1. Porcentaje de tiempo de actividad.
2. Porcentaje de tiempo fuera del departamento.
3. Porcentaje de tiempo inactivo.
4. Indice medio de actuación durante el tiempo de actividad.
5. Factor de producción de la mano de obra (concepto 1 × concepto 4).

Algunas empresas presentan semanalmente esta información en un gráfico (8), tal como el señalado en la figura 292, que puede llevarse a un archivo general de gráficos, remitiendo copias para uso de diversos miembros del personal directivo. Este impreso también puede aplicarse con utilidad a los fines de control de costes de mano de obra.

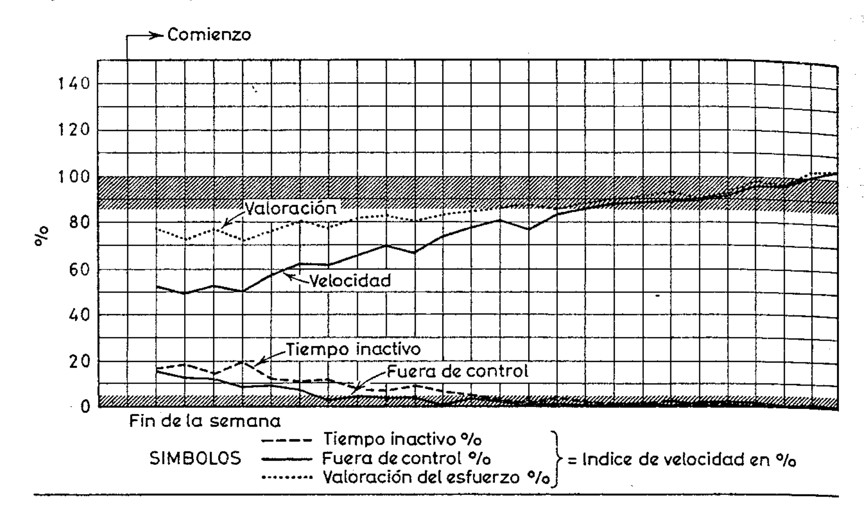


FIG. 292.—Informe semanal de control de mano de obra—con datos obtenidos mediante muestreo continuo de actuaciones—, llamado Programa de Velocidad por Nothrop (8).

Un caso concreto.—En Wichita, Kansas, la Boeing Airplane Company ha empleado el muestreo de actuaciones desde octubre de 1953. En la actualidad se aplica este programa en 86 departamentos o talleres, y se precisan 12 observadores para hacer las observaciones y recopilarlas como base para informes mensuales (9). El resumen (Fig. 293) muestra el número total de empleados del departamento, el porcentaje de tiem-

(8) D. N. PETERSON: "Labor Cost Control Through Porformance Sampling", *Proceedings Eleventh Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, pág. 62-73, febrero 1959. De las 8.000 personas empleadas actualmente por la Norair Division of the Northrop Corporation, en Hawthorne, California, aproximadamente el 90 % están sometidas a un plan de muestreo continuo de actuaciones que la empresa llama Programa de Velocidad.

(9) W. R. LEIGHTY: "Work Sampling in Engineering", *Proceedings Thirteenth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, págs. 42-48, febrero 1961. La fig. 293, reproducida con autorización de la Boeing Airplane Company.

po de trabajo productivo, la valoración media de la actuación y la eficiencia productiva, o sea, la productividad de la mano de obra, o "valor *tempo*" como se dice en Boeing. Este valor *tempo* es el resultado de multiplicar los "elementos productivos" por la "valoración media". La hoja resumen mensual contiene también una clasificación en categorías productivas y no productivas. Los datos de la parte superior derecha muestran que en el mes que concluyó el 30 de junio, 32 personas emplearon el 5,9 por 100 de su tiempo en manejar máquinas de oficina, 4,3 por 100 en trabajo de archivo, 19,5 por 100 preparando documentos y así sucesivamente. El 10,3 por 100 del tiempo estuvieron fuera del departamento y el 1,9 por 100 del tiempo estuvieron ociosos. Esta información se representa gráficamente en la parte inferior de la hoja. La línea gruesa de la derecha representa la meta señalada por el jefe del departamento, a conseguir en un año. El informe de la figura 293 se entrega mensualmente al director del departamento, y un resumen de los correspondientes a los diversos departamentos al jefe del servicio. Al jefe de producción se le entrega cada mes un informe completo que contiene los datos resumidos relativos a los 86 talleres, juntamente con análisis escritos y verbales de los datos.

Aplicación del muestreo de trabajo a actividades indirectas.—En el United California Bank se ha dado fin recientemente a la puesta en marcha de un programa de medida de trabajo y control de mano de obra, para 140 de sus sucursales, y en la actualidad se estudian mediante muestreo muchas de las secciones de su oficina central (10).

Con resultados satisfactorios se han hecho estudios de muestreo aplicados a supervisores, delineantes, ingenieros y personal técnico (11). Una gran y dinámica empresa, que construye sus propias fábricas y almacenes, mide con regularidad, mediante muestreo, las actividades de todo su personal de construcción, como, p. ej., soldadores, fontaneros y carpinteros.

FIJACION DE TIEMPOS TIPO POR MEDIO DE MUESTREO DE TRABAJO

Lo mismo puede usarse el muestreo para medir trabajo que para medir actividades y esperas. No obstante, si se trata de operaciones repetitivas cuyos ciclos sean de corta duración, son preferibles generalmente el estudio de tiempos, los datos elementales o los tiempos pre-

(10) R. W. LOCKWOOD: "Work Measurement in a Non-Manufacturing Organization", *Proceedings Fourteenth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, febrero 1962, págs. 35-41.

(11) HUGH A. BOGLE: "Work Sampling Studies of Supervisory and Technical Personnel", *Proceedings Fourteenth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, febrero 1962, págs. 1-7.



C. BLUE
Sección de herramental

Informe resumen

UNIDAD 3900 Zona - 444

PERIODO DEL INFORME 6-1- HASTA 6-30-

NO TECNICOS Y ADMINISTRATIVOS

FECHA	TOTAL EMPLEADOS	TOTAL ELEMENTOS PRODUCTIVOS	VALORACION MEDIA	VALOR "TEMPO"	DISTRIBUCION POR ELEMENTO EN %									
					PRODUCTIVO						NO PRODUCTIVO			
					CON MAQUINAS DE OFICINA	ARCHIVO	PREPARANDO DOCUMENTOS	LEYENDO DOCUMENTOS	TELEFONEANDO	CONVERSACIONES	INACTIVO	PASEANDO	FUERA DE CONTROL	TOTAL NO PRODUCTIVO
5-31*	14	79,3	87,6	69,5	4,1	11,2	23,6	15,0	5,9	19,5	3,0	7,4	10,3	20,7
2-28-	20	86,8	93,1	80,8	3,9	4,6	23,1	23,6	7,7	23,9	1,2	3,9	8,1	13,2
3-31-	25	84,7	93,8	79,4	4,5	5,6	27,7	17,5	7,1	22,3	2,2	4,6	8,5	15,3
4-30-	32	82,5	93,3	77,0	3,8	5,6	24,3	19,5	5,3	24,0	3,1	4,2	10,2	17,5
5-31-	32	84,9	94,4	80,1	4,1	5,6	24,2	20,8	7,3	22,9	2,2	3,4	9,5	15,1
6-30-	32	83,2	95,9	79,8	5,9	4,3	19,5	21,6	9,7	22,2	1,9	4,6	10,3	16,8

*AÑO ANTERIOR

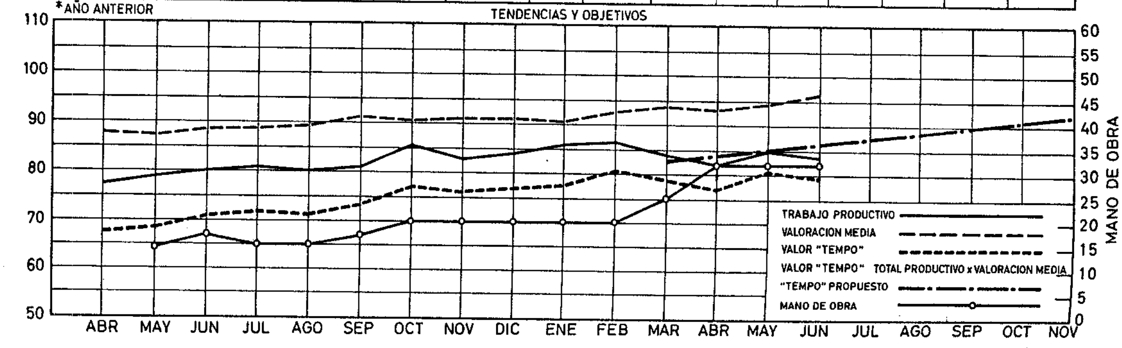
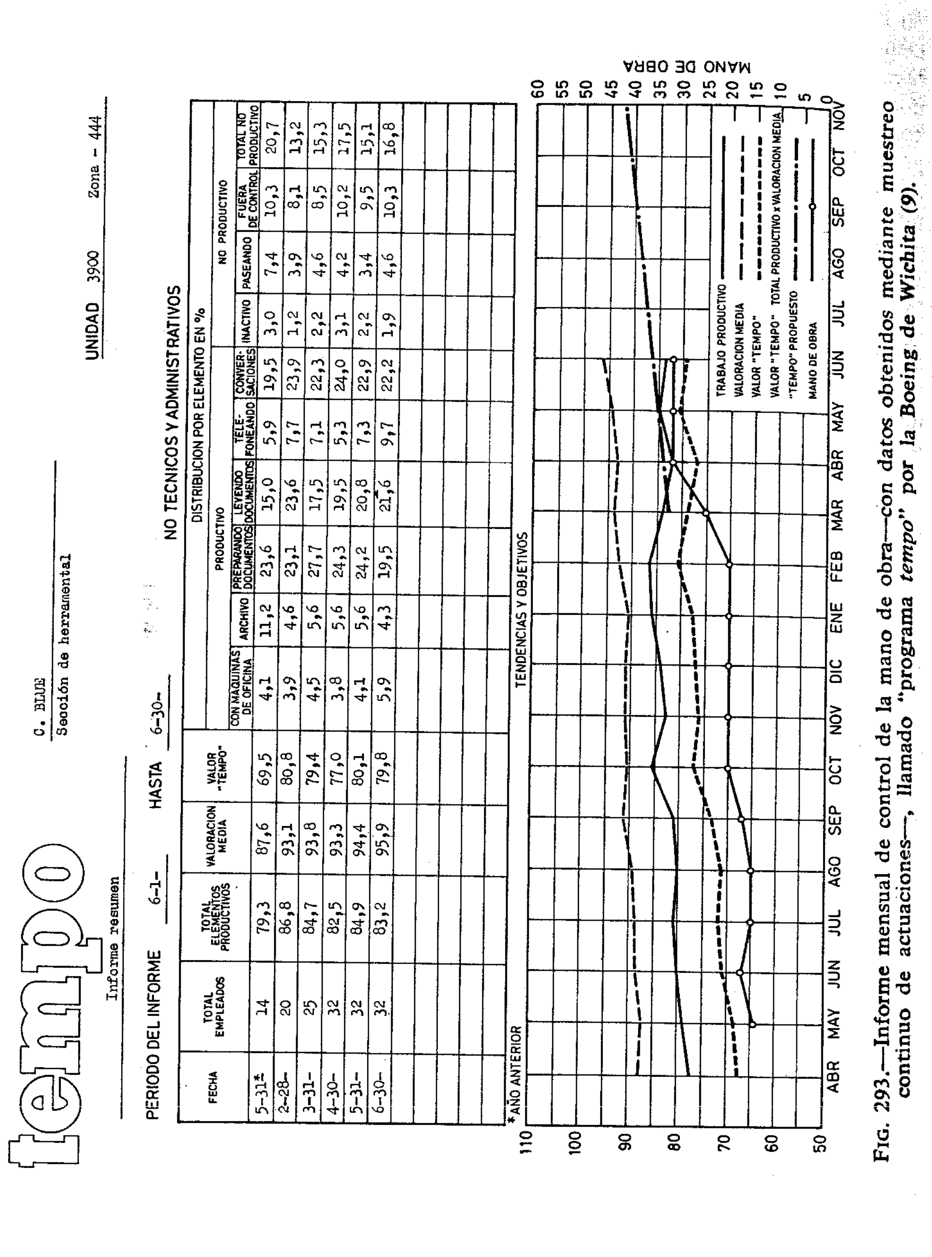


Fig. 293.—Informe mensual de control de la mano de obra—con datos obtenidos mediante muestreo continuo de actuaciones—, llamado "programa *tempo*" por la Boeing de Wichita (9).



FECHA	TOTAL EMPLEADOS	TOTAL ELEMENTOS PRODUCTIVOS	VALORACION MEDIA	VALOR "TEMPO"	DISTRIBUCION POR ELEMENTO EN %									
					PRODUCTIVO						NO PRODUCTIVO			
					CON MAQUINAS DE OFICINA	ARCHIVO	PREPARANDO DOCUMENTOS	LEYENDO DOCUMENTOS	TELEFONEANDO	CONVERSACIONES	INACTIVO	PASEANDO	FUERA DE CONTROL	TOTAL NO PRODUCTIVO
5-31*	14	79,3	87,6	69,5	4,1	11,2	23,6	15,0	5,9	19,5	3,0	7,4	10,3	20,7
2-28-	20	86,8	93,1	80,8	3,9	4,6	23,1	23,6	7,7	23,9	1,2	3,9	8,1	13,2
3-31-	25	84,7	93,8	79,4	4,5	5,6	27,7	17,5	7,1	22,3	2,2	4,6	8,5	15,3
4-30-	32	82,5	93,3	77,0	3,8	5,6	24,3	19,5	5,3	24,0	3,1	4,2	10,2	17,5
5-31-	32	84,9	94,4	80,1	4,1	5,6	24,2	20,8	7,3	22,9	2,2	3,4	9,5	15,1
6-30-	32	83,2	95,9	79,8	5,9	4,3	19,5	21,6	9,7	22,2	1,9	4,6	10,3	16,8

FIG. 293.—Informe mensual de control de la mano de obra—con datos obtenidos mediante muestreo continuo de actuaciones—, llamado "programa *tempo*" por la Boeing de Wichita (9).

determinados, para fijar tiempos tipo. El muestreo puede usarse eficazmente para medir operaciones con ciclos de gran duración, trabajo que los operarios ejecutan en grupos y actividades que no se prestan al estudio de tiempos.

Con el muestreo de trabajo es posible determinar el tanto por ciento de la jornada laboral correspondiente a la actividad o inactividad de un obrero, así como su índice medio de actuación o velocidad a que

Información	Origen de los datos	Datos para un día
Tiempo total empleado por el operario (tiempo de actividad e inactividad)	Fichas de tiempos	480 min.
Número de piezas producidas	Departamento de inspección	420 piezas
Tiempo de trabajo en %	Muestreo de trabajo	85%
Tiempo de inactividad en %	Muestreo de trabajo	15%
Indice medio de actuación	Muestreo de trabajo	110 %
Total de suplementos	Manual de estudio de tiempos de la empresa	15%

$$\text{Tiempo tipo por pieza} = \frac{\left(\begin{array}{c}\text{Tiempo total}\\ \text{en minutos}\end{array}\right)\times\left(\begin{array}{c}\text{Tiempo de}\\ \text{trabajo en \%}\end{array}\right)\times\left(\begin{array}{c}\text{Indice de actuación}\\ \text{en \%}\end{array}\right)}{\text{Número total de piezas producidas}} + \text{Suplementos}$$

$$= \left(\frac{480 \times 0{,}85 \times 1{,}10}{420}\right) \times \left(\frac{100}{100 - 15}\right) = 1{,}26 \text{ minutos}$$

FIG. 294.—Hoja de datos y cálculo del tiempo tipo.

trabaja durante la parte activa de la jornada. Así, p. ej., supongamos que un operario trabaja durante una jornada de ocho horas con una taladradora. Un estudio de muestreo puede decirnos que estuvo inactivo el 15 por 100 de la jornada, o sea 72 minutos (480 × 0,15 = 72) y que trabajó el tiempo restante, 408 minutos, con un índice medio de actuación del 110 por 100. Si la ficha de producción muestra que trabajó 420 piezas de calidad aceptable durante la jornada, se calculará el tiempo tipo de la operación como se indica en la figura 294. Se ha supuesto que los suplementos se han tomado del manual de estudio de tiempos de la empresa.

Para fijar un tiempo tipo hay que aplicar al muestreo de trabajo el mismo riguroso análisis que se precisa en el estudio de tiempos. Ha de normalizarse el método de efectuar la operación y prepararse una detallada descripción escrita. Serán necesarias normas de calidad, así como que el contramaestre garantice que la tarea se ejecuta correctamente. Durante el estudio, el analista hará una observación instantánea del estado de actividad o inactividad del operario y, en el primer caso,

valorará su velocidad y anotará si está ejecutando una parte normal del ciclo de trabajo. Obtendrá información acerca de los momentos de empezar y dejar el trabajo y sobre el número total de piezas de calidad admisible hechas durante el día. El muestreo de trabajo permitirá medir, con un grado de exactitud previamente fijado, el porcentaje de jornada que el obrero estuvo trabajando y su velocidad o índice de actuación medio durante dicho período.

Fijación del tiempo tipo para una operación de montaje.—El caso siguiente muestra cómo, por medio del muestreo de trabajo, se determinó el tiempo tipo para una operación de montaje de un subconjunto.

RESUMEN DIARIO					Cálculo del índice medio de actuación
Indice de actuación	1 Abril	2 Abril	5 Abril	Total	
100	3	6	1	10	100 × 10 = 1 000
105	13	22	9	44	105 × 44 = 4 620
110	32	21	24	77	110 × 77 = 8 470
115	48	45	17	110	115 × 110 = 12 650
120	47	49	39	135	120 × 135 = 16 200
125	27	28	56	111	125 × 111 = 13 875
130	26	13	22	61	130 × 61 = 7 930
135	15	8	11	34	135 × 34 = 4 590
140	14	15	22	51	140 × 51 = 7 140
145	8	20	27	55	145 × 55 = 7 975
150	2	10	11	23	150 × 23 = 3 450
					711 — 87 900
Observaciones "activo"	235	237	239	711	$\frac{87\ 900}{711} = 123,6$
Observaciones "inactivo"	5	3	1	9	
Total de observaciones	240	240	240	720	

FIG. 295.—Hoja de resumen y cálculo diarios.

Durante un período de tres días se estudió a los diez obreros que normalmente realizaban esta tarea. Se hicieron cada día 240 observaciones, lo que da un total de 720. De ellas, el analista encontró trabajando a los diez obreros 711 veces, anotando el índice de actuación para cada una de ellas. Durante el período de tres días, nueve veces observó el analista que los trabajadores estaban inactivos.

Como muestra el resumen de los resultados del estudio (Fig. 296), el tiempo total empleado por los obreros, incluyendo tanto los períodos de actividad como los de inactividad, fue de 13.650 minutos. El tiempo de trabajo fue 98,7 por 100 (711 × 100/720 = 98,7 por 100). El tiempo restante, o el 1,3 por 100, fue tiempo de inactividad. El número de minutos de tiempo de trabajo fue 13.473 (13.650 × 98,7 = 13.743). Durante este tiempo los operarios hicieron 16.314 submontajes de calidad admisible. El índice medio de actuación de este grupo fue 123,6 por 100. En la figura 295 se muestra un resumen del índice de actuación para las 711 observaciones y el procedimiento seguido para calcular el índice medio de actuación y en la figura 296 puede verse cómo se determinó el tiempo tipo para esta operación.

Información	Origen de los datos	Datos de un periodo de 3 días
Tiempo total empleado por el operario (tiempo de actividad e inactividad)	Fichas de tiempos	13 650 min.
Número de piezas producidas	Departamento de inspección	16 314 piezas
Tiempo de trabajo en %	Muestreo de trabajo	98,7 %
Tiempo de inactividad en %	Muestreo de trabajo	1,3 %
Indice medio de actuación	Muestreo de trabajo	123,6 %
Total de suplementos	Manual de estudio de tiempos de la empresa	15 %

$$\text{Tiempo tipo por pieza} = \frac{\left(\begin{array}{c}\text{Tiempo total}\\ \text{en minutos}\end{array}\right)\times\left(\begin{array}{c}\text{Tiempo de}\\ \text{trabajo en \%}\end{array}\right)\times\left(\begin{array}{c}\text{Indice de}\\ \text{actuación en \%}\end{array}\right)}{\text{Número total de piezas producidas}} + \text{Suplementos}$$

$$= \left(\frac{13\ 650 \times 0{,}987 \times 1\ 236}{16\ 314}\right) \times \left(\frac{100}{100 - 15}\right) = 1{,}20 \text{ minutos}$$

FIG. 296.—Hoja de datos y cálculo del tiempo tipo.

Algunas ventajas e inconvenientes del muestreo de trabajo, comparado con el estudio de tiempos.

Ventajas:

1. Hay operarios o actividades que son costosos o imposibles de medir con el estudio de tiempos y que pueden medirse fácilmente por medio del muestreo de trabajo.
2. Un solo observador puede hacer simultáneamente el muestreo

de trabajo de varios operarios o máquinas. Cuando se hacen estudios de tiempo continuos se necesita ordinariamente un analista por cada operario o máquina.

3. Para un estudio de muestreo se requieren generalmente menos hombres hora y costes más bajos que para un estudio continuo de tiempos. El coste de un muestreo de trabajo varía entre el 5 y el 50 por 100 del de un estudio de tiempos.

4. Pueden hacerse las observaciones durante un período de días o de semanas, disminuyendo así la probabilidad de que las variaciones diarias o semanales influyan sobre los resultados del estudio.

5. Es menor la probabilidad de obtener resultados fuera de lo normal, pues el operario no está sometido a una estrecha observación durante grandes períodos de tiempo. Cuando se observa continuamente al obrero durante un día entero, no es probable que aquel siga exactamente su marcha normal.

6. En el muestreo de trabajo no es necesario utilizar analistas experimentados en estudios de tiempos como observadores, a menos que se trate de muestreos de actuación. No obstante, si hay que fijar un tiempo tipo o un índice de actuación, se debe recurrir a un analista de tiempos experimentado.

7. El estudio de muestreo de trabajo puede interrumpirse siempre que se quiera, sin afectar a los resultados.

8. Las medidas de muestreo de trabajo pueden hacerse con un grado de confianza previamente fijado y, por ello, los resultados son más significativos para las personas no familiarizadas con los métodos empleados para recoger la información.

9. Con el muestreo de trabajo, el analista hace observaciones instantáneas del obrero, a intervalos aleatorios, durante la jornada de trabajo, haciendo así innecesarios los estudios de tiempos prolongados.

10. Los estudios de muestreo de trabajo son menos fatigosos y pesados desde el punto de vista del observador.

11. Los operarios a estudiar prefieren los estudios de muestreo a los estudios continuos de tiempos, pues hay personas a quienes no les gusta ser observadas continuamente durante largos períodos de tiempo.

12. Generalmente se necesita menos tiempo para calcular los resultados de un estudio de muestreo de trabajo. Además, pueden emplearse las fichas sensibles IBM y obtenerse los resultados con el equipo normal IBM.

13. En los estudios de muestreo de trabajo no es necesario cronómetro ni ningún otro dispositivo de medida del tiempo.

Inconvenientes:

1. Ordinariamente, el muestreo de trabajo no es económico para el estudio de un solo operario o de una sola máquina, o para estudiar obreros o máquinas situados en zonas de gran extensión. El observador emplea gran parte de su tiempo yendo y viniendo de uno a otro puesto de trabajo. Para establecer tiempos tipo en operaciones repetitivas de corta duración, son preferibles el estudio de tiempos, los datos elementales o los tiempos predeterminados.

2. Con el estudio de tiempos se consigue una clasificación más precisa de las actividades y esperas que con el muestreo de trabajo, con el cual no se puede conseguir una información tan detallada como la que da el estudio de tiempos.

3. El operario puede cambiar su manera de trabajar si está presente el observador. Si esto sucede, los resultados del estudio pueden resultar de poco valor.

4. Un estudio de muestreo de trabajo de un grupo no presenta evidentemente más que valores medios y, por ello, no da información sobre la magnitud de las diferencias individuales.

5. Tanto la dirección como los trabajadores pueden no comprender el muestreo estadístico de trabajo tan fácilmente como el estudio de tiempos.

6. En ciertas clases de estudios de muestreo, no se describe el método aplicado por el operario y, por ello, debe hacerse un estudio completamente nuevo cuando se verifica un cambio de método en algún elemento.

7. Por parte de algunos observadores se tiende a dar poca importancia a seguir los principios fundamentales del muestreo de trabajo tales como el adecuado tamaño de la muestra para un grado dado de precisión, aleatoriedad de las observaciones, observación instantánea en el lugar designado y definición cuidadosa de los elementos o subdivisiones de la actividad o espera, antes de dar comienzo al estudio.

CAPITULO XXXIV

MEDIDA DEL TRABAJO POR METODOS FISIOLOGICOS

A lo largo del tiempo, mucha gente ha buscado un método objetivo de medición del trabajo. Federico W. Taylor comprendió su necesidad, y para llenar esta función creó el estudio de tiempos con cronómetro. Desarrollando la técnica de estudio de tiempos, tomó el caballo de fuerza como unidad de medida del trabajo, pero vio que este camino no era satisfactorio.

A comienzos de siglo demostraron los fisiólogos la validez del empleo de la variación en el consumo de oxígeno como base de medición del gasto de energía (calorimetría indirecta). Estudios posteriores mostraron que las alteraciones en el ritmo cardíaco constituyen también una medida adecuada de la actividad física. Durante más de 50 años se han realizado estudios en diversas partes del mundo, relativos al gasto de energía humana, con los cuales se han adquirido nuevos conocimientos acerca de la máquina humana (1), mejor comprensión de las marcas conseguidas por los campeones de atletismo y ayuda a las personas físicamente deficientes. Esta clase de estudios se ha extendido también a la zona de fisiología del trabajo, particularmente en Gran Bretaña, Holanda, países escandinavos y en el Instituto Max Planck (Alemania). En Estados Unidos, quizá los estudios más amplios sean los realizados por el Dr. Lucien Brouha (2).

En dicho país, el interés hacia la fisiología del trabajo va en aumento, debido en parte a la necesidad de un método más objetivo de medida del trabajo físico y también porque se dispone de mejores aparatos para la medida del consumo de oxígeno y del ritmo cardíaco, contándose ahora con pruebas suficientes de que las mediciones fisiológicas pueden completar las técnicas actuales de medida del trabajo. Además, los trabajos de investigación que están en curso, tanto en la industria como en Universidades y otros centros de enseñanza, y en los organismos espaciales y militares, pueden tener como consecuencia rápidos cambios en técnicas y aparatos que harán que la fisiología del trabajo sea aceptada regularmente en el campo de la medida del trabajo.

A consecuencia del trabajo físico, se presentan variaciones en el consumo de oxígeno, ritmo cardíaco, ventilación pulmonar, temperatura,

(1) A. V. Hill: *Living Machinery*, Harcourt, Brace and Co., Nueva York, 1927.

(2) Lucien Brouha: *Physiology in Industry*, Pergamon Press, Nueva York, 1960.

concentración de ácido láctico en la sangre, excreción de ketosteroide-17 en la orina y otros factores. Aunque algunos de ellos solo quedan afectados ligeramente por la actividad muscular, existe una correlación lineal entre el consumo de oxígeno, el ritmo cardíaco, la ventilación total pulmonar y el trabajo físico realizado por una persona.

El trabajo físico se realiza con las manos, pies u otros miembros del cuerpo. Por ejemplo, cuando un obrero eleva una caja de 30 kg a 1,5 metros de altura, realiza un trabajo de 45 kilográmetros. El coste fisiológico de esta operación se debe a las actividades de los músculos de los brazos, piernas, espalda y otras partes del cuerpo. Si la caja estuviera colocada sobre el piso, y debajo del banco, el coste fisiológico de sacarla arrastrando y de colocarla sobre la parte superior del banco sería mayor que en el caso de que estuviera situada directamente sobre el piso, al lado del banco. Es evidente que la tarea sería mucho más fácil si la caja estuviera colocada sobre una plataforma de carretilla, fuera del banco, pero a su misma altura. Cuando una persona tiene que encorvarse para recoger un objeto del suelo, o cuando debe trabajar en una postura encogida o antinatural, su gasto de energía será mayor que cuando no se presentan dichas condiciones.

Así, pues, en el coste fisiológico de realizar una tarea influyen el número y tipo de músculos interesados, bien sea para mover un miembro del cuerpo o para compensar una contracción antagonista.

Cuando una persona está en reposo, su ritmo cardíaco y consumo de oxígeno permanecen a un nivel prácticamente constante. Cuando esta persona realiza un trabajo muscular, es decir, cuando pasa del "nivel de reposo" al "nivel de trabajo", aumentan su ritmo cardíaco y su consumo de oxígeno. Cuando se acaba el trabajo comienza la fase de recuperación, y el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno vuelven a su nivel original de reposo.

Medida del ritmo cardíaco.—Según la figura 297, el ritmo cardíaco de un individuo en estado de reposo era de 70 latidos por minuto. Cuando comenzó a trabajar, subió rápidamente a 110 por minuto, quedando constante durante la fase de trabajo. Cuando cesó de trabajar, bajó rápidamente, volviendo al nivel original de reposo. El aumento de ritmo cardíaco durante el trabajo puede emplearse como índice del coste fisiológico de la tarea. En algunos casos, también puede emplearse la velocidad de recuperación inmediatamente después del trabajo para valorar el coste fisiológico. El coste fisiológico *total* de la tarea no solamente consiste en el gasto de energía durante el trabajo, sino también en el correspondiente a la fase de recuperación, o sea, hasta que vuelve a alcanzarse el nivel de reposo.

Cada vez que late el corazón se genera un pequeño potencial eléctrico. Colocando electrodos a cada lado del tórax, se recoge este potencial que, mediante conductores o un radiotransmisor, se lleva a un re-

ceptor (Fig. 298). Los latidos pueden contarse directamente o por medio de un cardiotacómetro pueden referirse a ritmo cardíaco, o sea, a latidos por minuto. Estos datos pueden registrarse continuamente por medio de un miliamperímetro, sobre una hoja de papel (Fig. 299). La gráfica que se obtiene es una curva similar a la representada en la figura 297.

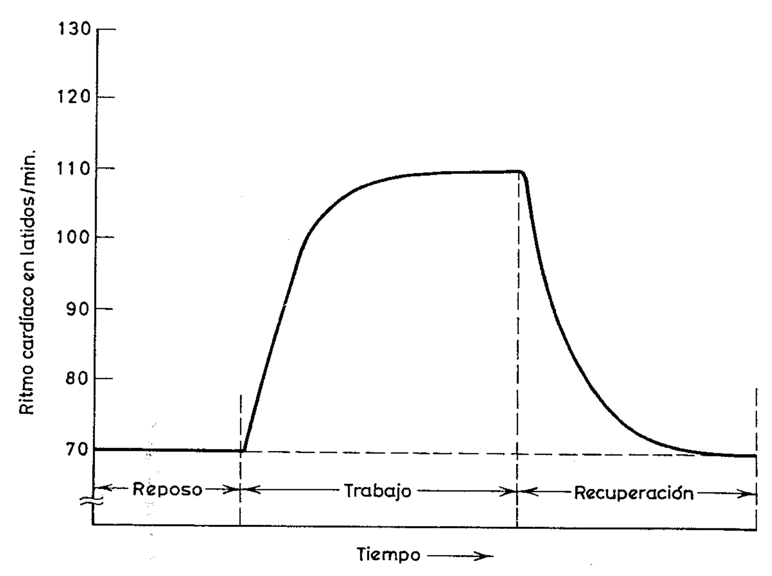


FIG. 297.—Ritmo cardíaco, en latidos por minuto, antes, durante y después de un trabajo físico.

Las señales de los latidos también pueden obtenerse mediante un audífono como el representado en la figura 300, que consiste en un fotodiodo doble colocado detrás de la oreja e iluminado por una lámpara situada delante. La opacidad del pabellón auditivo cambia a medida que la sangre pasa por él. El impulso creado por cada latido del corazón puede transmitirse por conductores eléctricos o por radiotransmisor y registrarse como ya se ha descrito. La mayor parte de los estudios realizados en Estados Unidos han tomado el ritmo cardíaco desde el tórax, por medio de electrodos, aunque los investigadores del Instituto Max Planck, en Alemania, han alcanzado éxitos considerables empleando el audífono.

Las informaciones relativas a la velocidad de recuperación pueden obtenerse con sencillez empleando un estetoscopio y un cronómetro. Los estudios hechos en el Laboratorio de Fatiga de Harvard demuestran que los datos sobre ritmo cardíaco así obtenidos son dignos de confianza y fáciles de tomar. El procedimiento consiste en obtener el número

total de latidos durante el segundo medio minuto después del cese del trabajo. A continuación se toma el número de latidos durante la segunda mitad del segundo minuto y durante la segunda mitad del tercer minuto, después de acabada la tarea. Con estos datos es posible comparar la velocidad de recuperación en diferentes condiciones de trabajo.

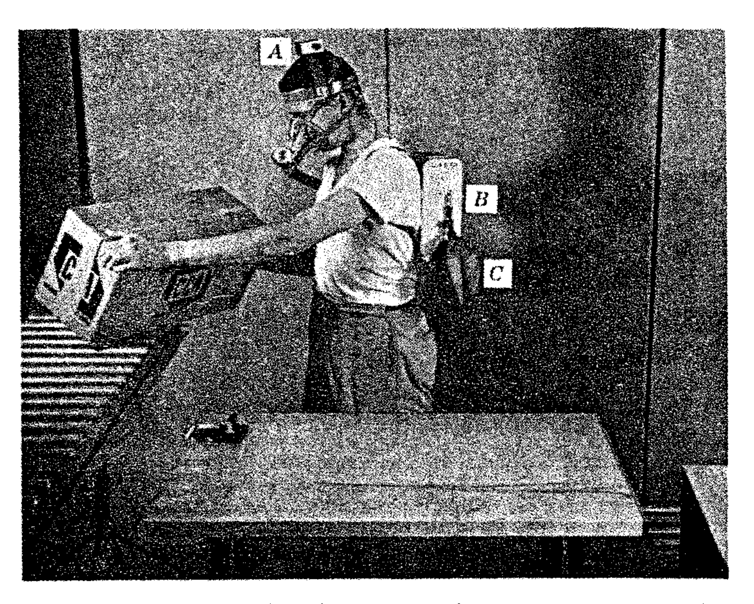


FIG. 298.—Aparatos para medir el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno. A, transmisor para telemedida de los latidos del corazón; B, respirómetro para medida del volumen de aire espirado; C, cámara de balón para recoger muestras aleatorias del aire espirado.

Por ejemplo, la figura 308 del siguiente capítulo representa esta información para una persona que ha trabajado en condiciones de temperatura y humedad elevadas, empleando (A) trajes corrientes y (B, C) un traje ventilado.

Medida del consumo de oxígeno.—Los cambios en el consumo de oxígeno, desde el nivel de reposo al de trabajo, son también una medida del coste fisiológico de la tarea. El hombre extrae oxígeno del aire que respira. A fin de medir el consumo de oxígeno por unidad de tiempo, es necesario medir el volumen de aire espirado y su contenido de oxígeno. El consumo de oxígeno puede definirse como el volumen de oxígeno, expresado en litros por minuto, que el individuo toma del aire que inspira. El medio más corriente de obtener esta información es por medio de un respirómetro portátil, como el que puede verse en la

figura 298. Es, sencillamente, un contador de gas de poco peso (unos 2,5 Kg), que puede llevarse a la espalda. La persona está equipada con una máscara y un tubo de goma de 25 mm que lleva el aire espirado de la máscara al respirómetro, el cual indica directamente en litros el volumen de aire expelido. A intervalos aleatorios se extrae una muestra de este aire, se almacena en un balón de goma y se realiza un análisis de su contenido, comparándolo con el del aire existente en la sala.

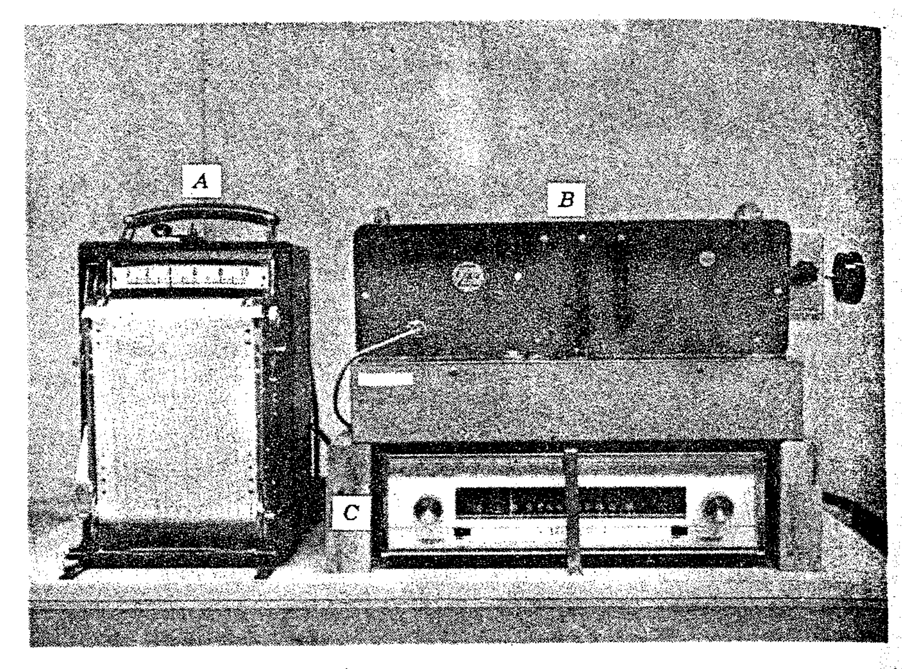


FIG. 299.—Aparatos para recibir y registrar los latidos del corazón. A, aparato registrador; B, cardiotacómetro; C, receptor.

La curva representativa del gasto de energía antes, durante y después del trabajo físico será muy parecida a la del ritmo cardíaco, representada en la figura 297. En el caso de un trabajador que manipula cajas de cartón de 4,5 Kg de peso, a razón de 12 cajas por minuto, el consumo en reposo fue de 1,2 kilocalorías por minuto. Al empezar su tarea subió rápidamente a 5 kcal/min y después volvió a su nivel de reposo. Así, pues, tanto el ritmo cardíaco como el consumo de oxígeno pueden emplearse para la medida del trabajo físico.

Aunque para medir el coste fisiológico de la actividad muscular se ha empleado más extensamente el consumo de oxígeno, es más fácil la medida del ritmo cardíaco, gracias a los aparatos de que actualmente

se dispone. Además existen ciertos factores causantes de tensiones fisiológicas, tales como la temperatura, la humedad y la clase de vestimenta, que no pueden valorarse de manera adecuada empleando solamente el consumo de oxígeno.

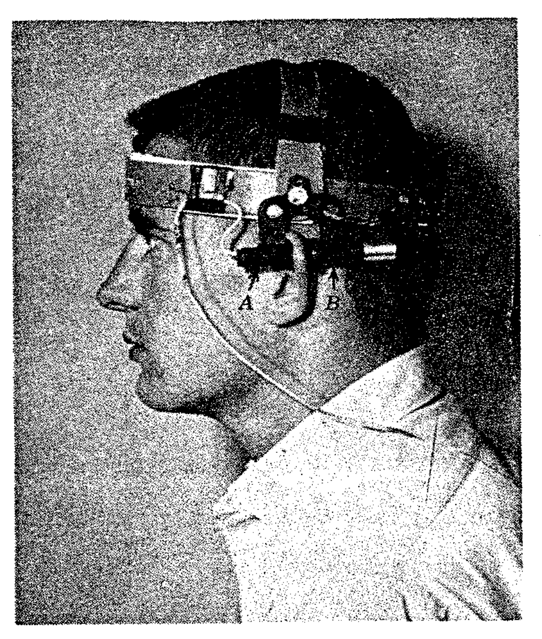


FIG. 300.—Audífono receptor. *A*, manantial luminoso; *B*, doble diodo.

Diferencias individuales.—Existe gran diferencia entre las capacidades de las personas para ejecutar trabajo muscular. Los resultados del estudio realizado sobre un grupo de 2.000 estudiantes de buena salud, en el que figuraban tanto personas de baja capacidad física como atletas universitarios, demostraron que la capacidad para resistir las tensiones debidas a un duro trabajo físico variaba de 1 a 10 desde el apto al inepto.

Incluso en un grupo de atletas universitarios, más restringido y rigurosamente seleccionado, la diferencia del más al menos capaz era del doble. Estos resultados hacen resaltar, cuantitativamente, el hecho bien conocido de que las personas varían notablemente en lo que concierne a sus capacidades físicas, y que, aun cuando se entrene a grupos seleccionados, se encuentran amplias variaciones en el precio fisiológico que cada persona ha de pagar por realizar una determinada tarea.

La capacidad física del individuo es el resultado de numerosos factores, como potencial innato de los mecanismos fisiológicos, edad, salud y estado de nutrición, sexo, aptitud específica para una determinada tarea en condiciones

ambientales dadas. Estos factores existen en cualquier grupo de población activa industrial, y diferencias análogas se observan entre los obreros (3).

Aptitud y práctica en la tarea.—Por la experiencia disponible se puede afirmar que un trabajador bien entrenado, físicamente apto y adecuado a la tarea, consumirá aproximadamente 5 kcal. por minuto, o sea 2.400 en jornada de 8 horas. Para un principiante en la misma tarea,

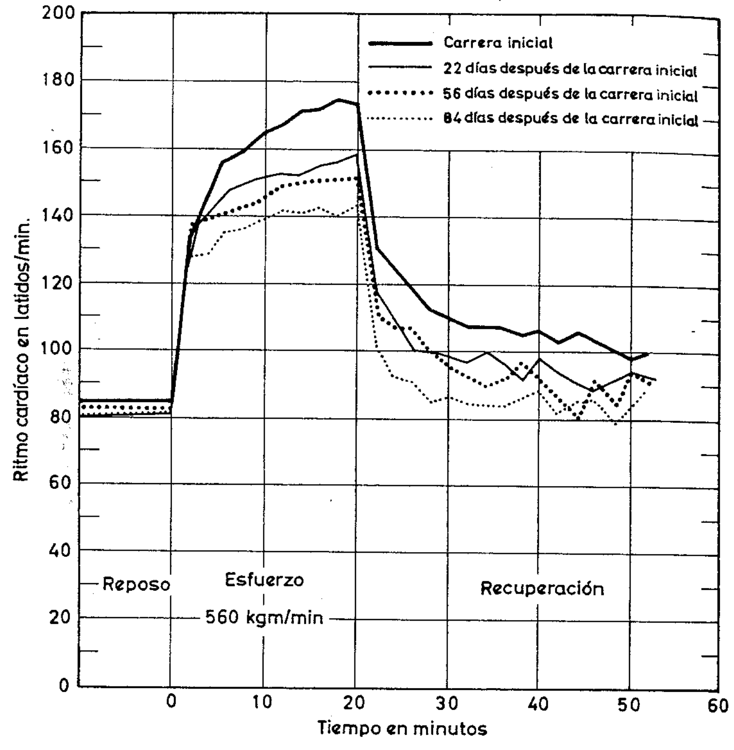


FIG. 301.—Efecto del adiestramiento sobre el ritmo cardíaco para igual magnitud de esfuerzo físico: pedalear en una bicicleta ergométrica, durante 20 minutos, con una fuerte carga de trabajo. Se completó el adiestramiento montando la bicicleta cuatro días por semana con la misma carga.

el coste fisiológico sería mayor si tuviera que producir el mismo número de unidades por día. La práctica facilita al obrero la realización de su tarea con menor coste de energía. Además, cuanto más entrenado está el trabajador, más rápida es su recuperación para alcanzar el nivel de reposo, como puede verse en la figura 301. La curva superior muestra el ritmo cardíaco de una persona que pedalea en una bicicleta ergométrica, durante 20 minutos, con cierta carga de trabajo. Las curvas restantes lo muestran después de 22, 56 y 84 días de entrenamiento (4). En el ejercicio inicial, el ritmo cardíaco llegó a 175 latidos por minuto, y después de 84 días de práctica no pasó de 143. También fue más rápida la recuperación en una persona ya entrenada.

(3) LUCIEN BROUHA: "Physiological Approach to Problems of Work Measurement", *Proceedings Ninth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, pág. 13, 1957.

Coste fisiológico de andar.—Muchos investigadores han realizado estudios acerca de la energía consumida en andar. Sus resultados indican (5) que, para velocidades de 2 a 4 millas (3,2 a 6,4 kilómetros) por hora, la energía gastada, expresada en kcal., es directamente proporcional a la velocidad. Admitiendo un coste metabólico en estado de reposo (abscisa cero de la Fig. 302) de 1,2 kcal/min, puede expresarse dicha relación por la fórmula:

$$C = 1{,}0V + 1{,}2,$$

siendo C el gasto de energía en kcal/min y V la velocidad de marcha en millas/h. Como indica la curva de la Fig. 302, la energía consumida mientras se camina es 4,2 kcal/min.

Sin embargo, el gasto de energía es también proporcional al peso del cuerpo. Un estudio (5) referente a 50 personas caminando a 3 millas (4,8 km) por hora conduce a la relación:

$$C = 0{,}047P + 1{,}02,$$

siendo P el peso de la persona en libras. Las curvas de la figura 303 se han trazado partiendo de los datos resultantes de dicho estudio. El consumo de energía para una persona que pese 150 libras (68 Kg) y que camine a 3 millas (4,8 km) por hora es de 4,2 kcal/min, mientras que para una persona de 200 libras (90 Kg) de peso sería 5,3 kcal/min.

Empleo de las medidas fisiológicas en el proyecto de métodos de trabajo.—Cuando se proyecta o adquiere una nueva fábrica y sus elementos de producción, la dirección se encuentra frecuentemente con el problema de si una persona puede realizar una operación determinada, o de cómo organizar de la manera mejor el trabajo cuando es necesario que la tarea la ejecute un grupo, o del descanso que debe concederse a un trabajador que realice una tarea específica. El objetivo a conseguir es proyectar el método de trabajo de manera que el operario pueda

(4) LUCIEN BROUHA: *Physiology in Industry,* Pergamon Press, Nueva York, página 30, 1960.

(5) R. PASSMORE y J. V. G. A. DURNIN: "Human Energy Expenditure", *Physiological Reviews,* vol. 35, núm. 4, pág. 806, octubre 1955.

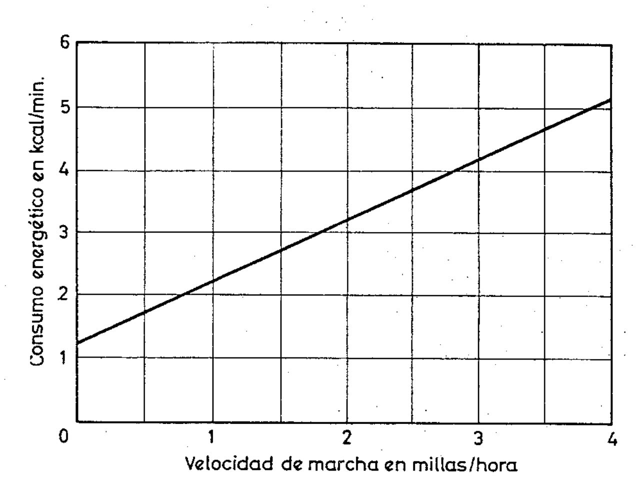


FIG. 302.—Gráfico que relaciona el consumo energético en kilocalorías por minuto con la velocidad de marcha en millas por hora.

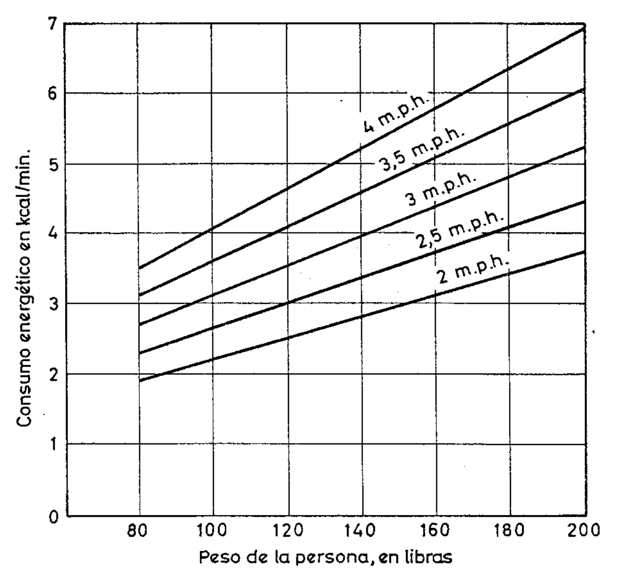


FIG. 303.—Curvas que relacionan el consumo energético en kilocalorías por minuto, la velocidad de marcha en millas por hora y el peso del cuerpo en libras.

hacer su tarea a razón de 5 días por semana y 8 horas diarias sin exceso de fatiga. Puede obtenerse una información adecuada a tales propósitos a través de mediciones fisiológicas efectuadas sobre el operario, bien en la tarea real o en una tarea simulada.

Un caso concreto: Trabajo con una cizalla mecánica.—A continuación se expone un ejemplo del empleo de medidas fisiológicas en la valoración de las características físicas necesarias para el manejo de una cizalla mecánica utilizada para cortar papel fotográfico. La cizalla se emplea corrientemente en las industrias gráficas, papelera y fotográfica, para cortar grandes hojas de papel a tamaños más pequeños. La operación consiste en formar pilas de papel de varios centímetros de altura y cortarlas con la cizalla. La Eatsman Kodak Company proyectaba comprar una nueva cizalla, mayor de las que tenía en servicio (6), y necesitaba saber si una persona podría manejar manualmente dicha máquina o si sería preciso instalar un dispositivo mecanizado de carga y retirada del papel que costaría aproximadamente 20.000 dólares y que limitaría la flexibilidad de trabajo de la nueva máquina.

Para llegar a la valoración se hicieron estudios fisiológicos relativos a las variaciones en el consumo de oxígeno y en el ritmo cardíaco, construyendo previamente una maqueta de la nueva máquina y del puesto de trabajo y simulando el manejo de la nueva máquina. La operación consistía en trasladar paquetes de papel desde una bandeja situada sobre una niveladora, encima de la bancada de la máquina. Cada pila tenía unas dimensiones de 1.320 × 1.090 × 25 mm y pesaba unos 20 Kg. De la bandeja a la máquina se trasladaban cinco paquetes, que formaban un fardo de 125 mm de altura, con un peso de 102 Kg. Como bancada de la máquina se utilizaba una mesa neumática, con lo que se reducía grandemente el esfuerzo para mover el papel, que con dos cortes quedaba a las medidas exactas. A continuación, el papel cortado se transfería a otra bandeja, situada al otro lado de la bancada de la máquina, y se repetía el ciclo.

El operario seleccionado para el estudio era hombre con experiencia en esta clase de trabajo. En el día anterior al comienzo del estudio se le pidieron algunas tareas tipo de elevación de pesos y que ejecutara una tarea fatigosa y rutinaria. Se obtuvieron datos sobre el consumo de oxígeno y el ritmo cardíaco, y los resultados de estas pruebas demostraron que las reacciones del operario quedaban comprendidas dentro del intervalo de los valores conseguidos anteriormente con otros obreros de la fábrica. Durante el día del estudio, el obrero realizó la operación simulada por espacio de 3,50 horas. Su actividad se midió mediante

(6) HARRY L. DAVIS y CHARLES I. MILLER: "The Use of Work Physiology in Job Design", *Proceedings Annual Conference American Institute of Industrial Engineers*, Atlantic City, N. J., págs. 281-286, mayo 1962.

una cinta registradora, dando un ciclo uniforme de 4,65 minutos. Los resultados de este estudio se dan en la Tabla LXX.

Puesto que el consumo medio de energía de 4,25 kilocalorías por minuto y el ritmo cardíaco de 109 latidos por minuto quedaban comprendidos dentro del intervalo de 5 y 100 a 125, respectivamente, se decidió que podía comprarse la nueva máquina y que no era necesario el dispositivo mecánico de alimentación y descarga. Se adquirió e instaló la cortadora mecánica (Fig. 304), y los resultados reales fueron casi iguales a los previstos en el estudio de simulación.



FIG. 304.—Nueva cizalla mecánica para corte de papel fotográfico.

TABLA LXX.—CONSUMO DE ENERGÍA Y RITMO CARDÍACO DEL OPERARIO TRABAJANDO EN LA TAREA SIMULADA DE CORTE CON CIZALLA MECÁNICA

	Medio	Mínimo	Máximo
Gasto de energía en kcal/min.	4,25	4,00	5,00
Ritmo cardíaco: latidos/min	109	92	118

DETERMINACION DE TIEMPOS TIPO POR METODOS FISIOLOGICOS

Los tiempos tipo establecidos por estudio de tiempos o por datos predeterminados se fijan generalmente de manera que un obrero calificado, bien adiestrado y con experiencia, realizando una tarea manual, pueda alcanzar en dicho tiempo un nivel de producción de aproxima-

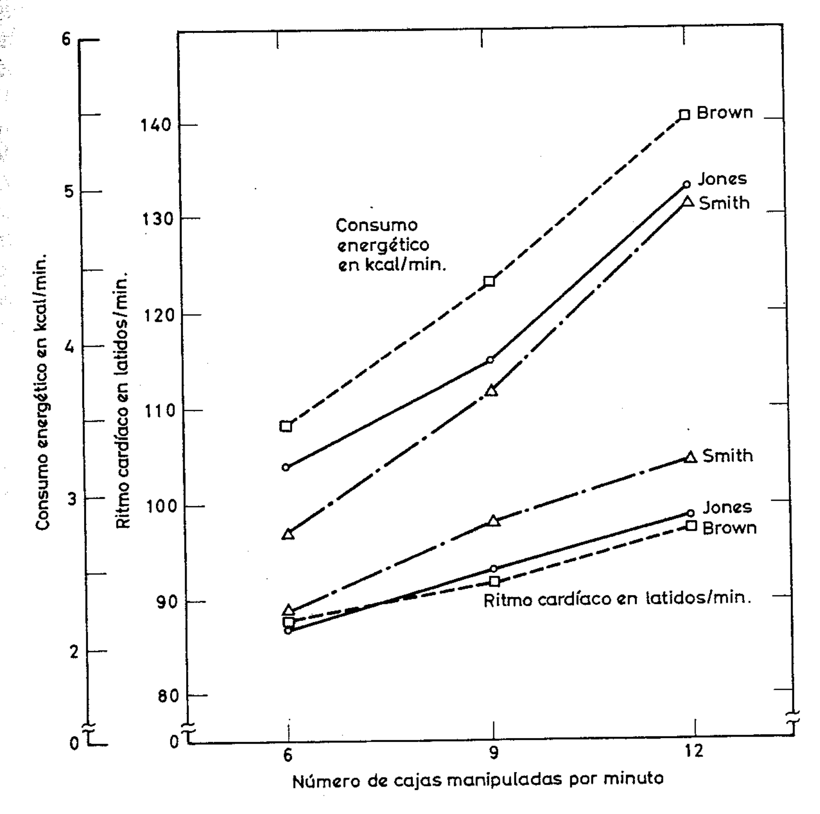


FIG. 305.—Variaciones en el consumo energético y el ritmo cardíaco para tres operarios del departamento de expediciones, trabajando a tres velocidades distintas.

damente 125 por 100, un día con otro, cuando en su empresa se aplican primas sobre el salario. Se espera que un 96 por 100, aproximadamente, de los obreros alcancen o superen la norma fijada (véase Fig. 233). Ya es sabido que muchas personas pueden alcanzar el nivel de actuación

de 100 por 100 con más facilidad que otras y, como consecuencia, trabajar regularmente a un nivel de 150 ó 160 por 100, mientras que otros, con el mismo consumo de energía, no llegan más que a un nivel de 110 ó 115 por 100. Los tiempos tipo se fijan para la *tarea*, es decir, para un trabajo específico y definido cuidadosamente.

Para aclarar esta cuestión, consideremos tres obreros, Jones, Brown y Smith, que manipulan cajas de cartón (7) en el departamento de expediciones (Fig. 298). En este trabajo, el operario está frente a una mesa de trabajo de 864 mm de altura y levanta una caja de 4,5 Kg de peso desde un transportador situado a su izquierda hasta la mesa, 250 mm más alta que la cinta transportadora; estampa sobre la caja la dirección del destinatario, y después pone la caja en un transportador situado a una altura de 250 mm sobre la mesa. Cada operario trabaja a tres velocidades distintas, manipulando cajas a razón de 6, 9 y 12 por minuto. Las velocidades se fijaron utilizando las señales de una cinta registradora. En la figura 305 y en la Tabla LXXI pueden verse los consumos de energía en kcal/min. y el ritmo cardíaco en latidos por minuto. Aunque este no difiere grandemente en los tres hombres, trabajando a cualquier velocidad, sí existe diferencia en cuanto al consumo de energía. En la velocidad mínima de 6 cajas por minuto, Jones consume 3,2 kcal. por minuto; Brown, 3,5, y Smith, 2,8. A la velocidad máxima de 12 cajas por minuto, los consumos de energía son, respectivamente, 5,0, 5,5 y 4,9 kcal.

TABLA LXXI.—VARIACIONES EN EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EN EL RITMO CARDÍACO PARA TRES OPERARIOS DEL DEPARTAMENTO DE EXPEDICIONES, TRABAJANDO A TRES VELOCIDADES DISTINTAS

	Consumo de energía en Kcal. por minuto			Ritmo cardíaco, latidos por minuto		
Cajas manipuladas por minuto	6	9	12	6	9	12
Operario:						
Jones	3,2	3,9	5,0	87	93	99
Brown	3,5	4,4	5,5	88	92	98
Smith	2,8	3,7	4,9	89	98	105

Las mediciones fisiológicas pueden emplearse para comparar el coste en energía de una tarea para la que se ha establecido un tiempo tipo con el correspondiente a una operación similar sin tiempo fijado, pero

(7) Estudio hecho por Ralph M. Barnes, Robert B. Andrews, James I. Williams y B. J. Hamilton.

la comparación debe hacerse para la misma persona. Por ejemplo, si la manipulación de 12 cajas de 4,5 Kg de peso en cada minuto, y en las condiciones antes señaladas, se considerase como actuación normal (8), y si para Jones el coste de energía fuera de 5 kcal. por minuto, la respuesta a la pregunta de cuál debería ser el tiempo tipo para la manipulación de cajas de 6,75 Kg de peso en las mismas condiciones podría obtenerse haciendo manipular a Jones tales cajas a diferentes velocidades y seleccionando aquella que diera un coste de energía de 5 kcal. por minuto. De esta manera, el coste de energía de las dos tareas sería el mismo y podría determinarse el tiempo tipo, o sea el número de cajas de 6,75 Kg que podrían manipularse por minuto.

CAPITULO XXXV

FATIGA

En este lugar nos proponemos examinar la naturaleza de la fatiga, ya que uno de los principales objetivos del estudio de movimientos y tiempos es reducirla y hacer que el trabajo sea lo más fácil y satisfactorio posible para el individuo.

Fenómenos asociados a la fatiga.—La palabra fatiga tiene diversos significados, según el punto de vista desde el cual se considere el asunto. La fatiga en la industria se refiere a tres fenómenos relacionados:

1) Una sensación de cansancio.
2) Un cambio fisiológico en el cuerpo. Los nervios y los músculos no funcionan tan bien o tan rápidamente como en estado normal, debido a cambios químicos en el cuerpo como resultado del trabajo.
3) Una disminución de capacidad para ejecutar un trabajo.

Sensación de cansancio.—Los períodos de trabajo largos van asociados generalmente a una sensación de cansancio. Es subjetivo en su naturaleza y, por consiguiente, el grado de cansancio no puede ser determinado por un observador. El cansancio puede estar localizado en algún músculo determinado o puede ser una sensación de lasitud general.

Esta sensación de fatiga actúa como un dispositivo de protección para impedir el agotamiento; pero frecuentemente no tiene relación directa con la fatiga fisiológica, que se manifiesta en una capacidad decreciente para realizar un trabajo. Una persona se puede encontrar cansada y, aun así, trabajar tan eficientemente como siempre, o bien se puede encontrar en estado normal y estar trabajando despacio debido a la fatiga fisiológica. Por consiguiente, la sensación de cansancio no parece constituir una base válida para juzgar el efecto del trabajo sobre el individuo.

Cambios fisiológicos resultantes del trabajo.—Desde el punto de vista fisiológico se puede considerar al cuerpo como una máquina (1) que consume combustible y suministra energía útil. Los mecanismos principales del cuerpo humano afectados por la fatiga son: 1) El sistema circulatorio. 2) El aparato digestivo. 3) El sistema muscular. 4) El sistema nervioso. 5) El aparato respiratorio. El trabajo físico continuo afecta a estos mecanismos, tanto separada como colectivamente.

(1) A. V. Hill: *Living Machinery*. Harcourt, Brace and Co., Nueva York.

La fatiga es el resultado de una acumulación de productos de desecho en los músculos y corriente sanguínea, que reduce la capacidad de los músculos para actuar. Es muy posible que los extremos de las fibras nerviosas y el sistema nervioso central queden afectados también por el trabajo, causando, por consiguiente, la lentitud de la persona cuando está cansada. Los movimientos musculares van acompañados de reacciones químicas, que necesitan alimento para sus actividades. Este alimento está suministrado en forma de *glucógeno*, sustancia parecida al almidón que, conducida por el torrente circulatorio sanguíneo, se convierte rápidamente en azúcar. Cuando se contrae el músculo, el glucógeno se convierte en ácido láctico, producto de desecho que tiende a restringir la actividad continuada del músculo. En la fase de recuperación de la acción muscular se utiliza el oxígeno para convertir en glucógeno la mayor parte del ácido láctico, permitiendo así que los músculos continúen moviéndose. La velocidad de recuperación viene afectada por el suministro de oxígeno y la temperatura. Si el trabajo no es violento, el músculo puede mantener un equilibrio satisfactorio; no se acumulará ácido láctico en exceso ni caerá en estado de *falta de oxígeno*, causas ambas por las cuales disminuye su capacidad de acción.

Se puede citar a un atleta que corre una milla, como ejemplo del individuo que se esfuerza hasta el máximo. Este utiliza rápidamente su provisión de combustible y oxígeno y, por consiguiente, necesitará tiempo para recuperarse, esto es, tiempo para volver a equilibrar sus músculos.

Efecto de las condiciones físicas ambientales sobre el trabajador.—El coste fisiológico de la realización de un trabajo está sometido a la influencia de factores ambientales, tales como temperatura, humedad, movimiento del aire y polución atmosférica. Una persona tiene ciertas necesidades de energía, precisas para mantener sus funciones corporales; cuando ejecuta un trabajo físico, aumentan las exigencias. Si hay un cambio, tanto en las condiciones de reposo como en las de trabajo—por ejemplo, si la temperatura aumenta de 21 a 32° C—crece el coste de la energía, tanto al nivel de reposo como al de trabajo. El mejor procedimiento para medir los efectos de los factores ambientales es referirse a los cambios en el ritmo cardíaco. La figura 306 muestra el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno antes, durante y después de realizar un ejercicio determinado bajo dos condiciones de temperatura y de humedad relativa. En dicho estudio, seis hombres accionaban una bicicleta ergométrica a dos velocidades distintas (2). Los hom-

(2) Lucien Brouha: "Physiological Approach to Problems of Work Measure-

bres trabajaron durante treinta minutos a media carga de trabajo, y después, durante cuatro minutos con gran carga. Las condiciones ambientales fueron las siguientes: Temperatura normal de la habitación, 22° C, y humedad relativa, 50 %. Calor húmedo, 32° C, y humedad relativa, 82 %.

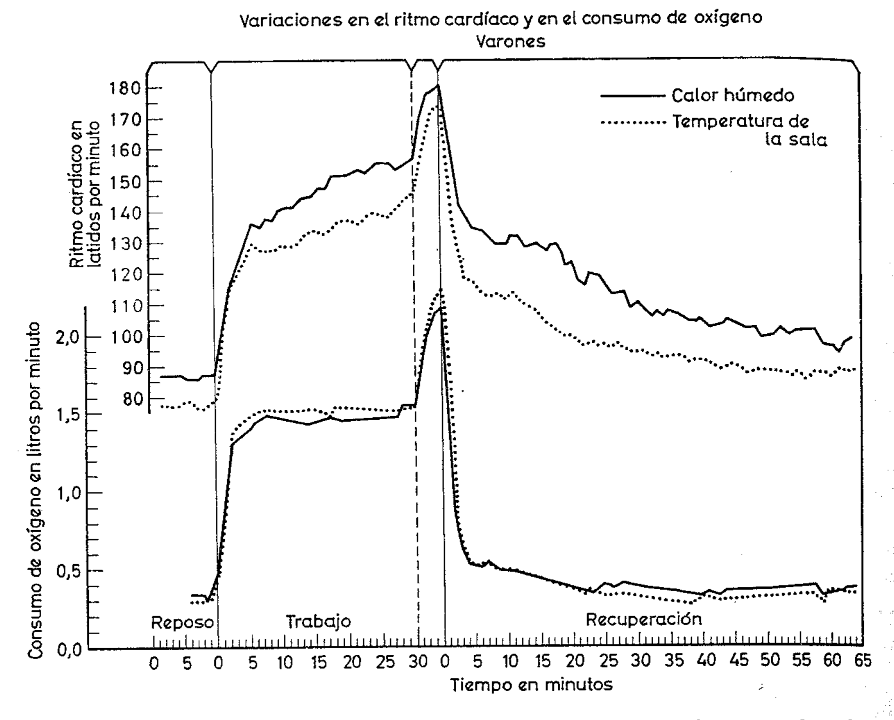


FIG. 306.—Ritmo cardíaco y consumo de oxígeno durante los períodos de descanso, ejercicio bajo dos diferentes cargas de trabajo y recuperación. Estos experimentos se realizaron en dos ambientes distintos.

Las curvas muestran que, cuando el ejercicio empieza, aumentan inmediatamente el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno. A medida que progresa el trabajo moderado, a la temperatura de la sala, aumenta ligeramente el ritmo cardíaco, pero el consumo de oxígeno permanece a un nivel prácticamente uniforme. Cuando la carga de trabajo se hace grande, el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno aumentan inmediatamente y continúan creciendo hasta el final del ejercicio. Durante el período de recuperación el consumo de oxígeno vuelve al

---

ment", *Proceedings Ninth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, pág. 13, febrero, 1957.

nivel de descanso después de treinta y cinco minutos, mientras que el ritmo cardíaco disminuye con menor rapidez, e incluso, después de sesenta y cinco minutos de recuperación es muy superior al nivel de reposo.

Para cualquier trabajo en el cual el consumo fisiológico sea bastante grande para producir cambios significativos en el ritmo cardíaco, las curvas de recuperación del mismo determinarán el coste fisiológico del trabajo y permitirán evaluar cualquier modificación que se haga con objeto de reducir la tensión y la fatiga. Así, p. ej., en un trabajo en el que era necesario quitar las impurezas superficiales de un líquido con un cazo largo y pesado y los depósitos estaban situados a tal altura que la operación había de realizarse al nivel del hombro, las reacciones medias eran elevadas, observándose 160 latidos por minuto en el primer registro del pulso, realizado un minuto después de espumar un depósito. Se construyeron plataformas especiales, a fin de que los obreros pudieran trabajar a un nivel ligeramente por encima de la cintura, y un minuto después de la operación se tomó el ritmo medio cardíaco, que había descendido a 112 pulsaciones, lo que indica una drástica reducción del "trabajo fisiológico" necesario para realizar la tarea (3).

Se expone a continuación un procedimiento para valorar el efecto de las condiciones físicas ambientales sobre el manejo de un martillo de forja (4). Los datos referentes a ritmo cardíaco y consumo de oxígeno se obtuvieron con el operario que realizaba normalmente dicha tarea en el taller, al cual se le pidió que accionara una bicicleta ergométrica que se había llevado al taller, situándola al lado del martillo. El operario accionó el ergómetro a una carga que producía aproximadamente el mismo ritmo cardíaco y consumo de oxígeno que cuando trabajaba en su tarea normal. A continuación se llevó el ergómetro al laboratorio, en el cual la temperatura se mantenía a 21° C y la humedad relativa al 50 %, y trabajando el operario a la misma velocidad que en el taller, se midieron en el laboratorio su consumo de oxígeno y su ritmo cardíaco. La diferencia señaló los efectos de las condiciones ambientales del taller, o sea temperatura, humedad, gases y humos.

Efecto de los trajes protectores sobre la frecuencia del pulso.—Aunque la industria se esfuerza en reducir la fatiga y mejorar las condiciones de trabajo, todavía existen tareas pesadas que han de realizarse en condiciones de humedad y temperatura elevadas. Los estudios del doctor Lucien Brouha demuestran que puede emplearse la frecuencia del pulso como medida de la eficacia de los trajes especiales para proteger al trabajador del calor y de los humos nocivos (5). La figura 307 muestra un traje con ventilación, diseñado por él para los trabajadores de una

---

(3) LUCIEN BROUHA: "Fatigue-Measuring and Reducing It", *Advanced Management,* vol. 19, núm. 1, pág. 13, enero 1954.

(4) F. H. BONJER: Netherlands Institute for Preventive Medicine, Leyden, Holanda.

(5) LUCIEN BROUHA: "Fatigue-Measuring and Reducing It", *Advanced Management,* vol. 19, núm. 1, pág. 9, enero 1954.

fábrica de magnesio. El trabajo consistía en quitar las impurezas del fondo de una célula de magnesio, empleando una cuchara de hierro que pesaba de 16 a 18 kilogramos, con un mango de tres metros de longitud. Los obreros estaban expuestos al calor del magnesio fundido y, normal-



Fig. 307.—Traje ventilado y casco diseñados para proteger al obrero del calor y de los humos nocivos.

mente, empleaban una pantalla para protegerse del calor y un respirador como protección contra los humos de cloro.

La figura 308 muestra el efecto sobre el ritmo cardíaco de un traje ventilado. La curva superior indica las reacciones medias en 45 operaciones sin traje protector. La frecuencia del pulso fue de 127 latidos por minuto al final del primer minuto, 115 al final del segundo y 109

al final del tercero. La segunda curva da los resultados para obreros trabajando con trajes inflados con aire a la temperatura ambiente de la nave, 32° C. La frecuencia del pulso fue 111 latidos por minuto al final del primer minuto, 101 al final del segundo y 96 al final del tercero.

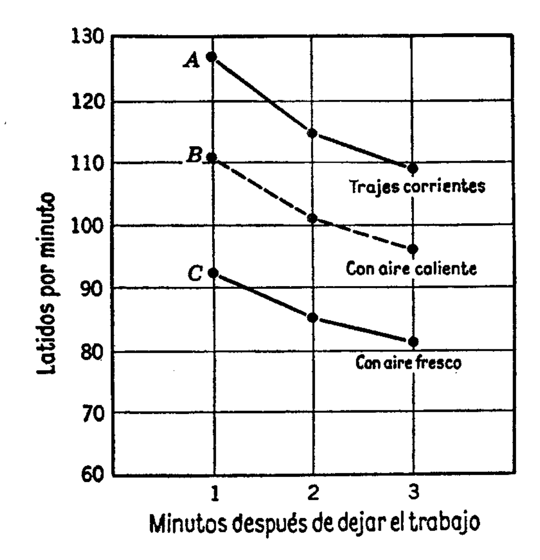


Fig. 308.—Curvas de valores medios de recuperación del ritmo cardíaco en trabajadores que realizan la misma operación en una fábrica de magnesio: *A*, con trajes corrientes de trabajo; *B*, con trajes ventilados por aire a 32° C.; *C*, con trajes ventilados por aire a 21° C.

La curva inferior indica los resultados para los obreros que trabajaron con trajes inflados con aire a 21° C., siendo en este caso las frecuencias del pulso 92, 85 y 81 al final del primero, segundo y tercer minutos, respectivamente.

La plataforma dinámica como instrumento para la medida del trabajo.—El consumo de oxígeno y la frecuencia del pulso solo pueden emplearse para medir el trabajo cuando la actividad física es de considerable magnitud y duración, no cuando se trata de movimientos ligeros del cuerpo o de la mano. Pero se ha ideado (6) una "plataforma dinámica" que parece ser útil para medir el esfuerzo físico exigido por trabajos ligeros o actividades de corta duración. El mecanismo (fig. 309) consiste en una plataforma triangular rígida montada sobre cristales de cuarzo, de manera que estos reaccionen a fuerzas verticales, frontales

(6) Lucien Lauru y Lucien Brohua: "Physiological Study of Motions", *Advanced Management*, vol. XXII, núm. 3, págs. 17-24, marzo 1957.

y transversales. Los cristales de cuarzo actúan como elementos sensibles y pueden emplearse para medir cargas, desde unos gramos a más de una tonelada, pudiendo las medidas ser amplificadas y registradas. El sujeto se sitúa sobre la plataforma y el sistema se pone a cero; entonces, cualquier movimiento hecho por el sujeto ejercerá una pre-

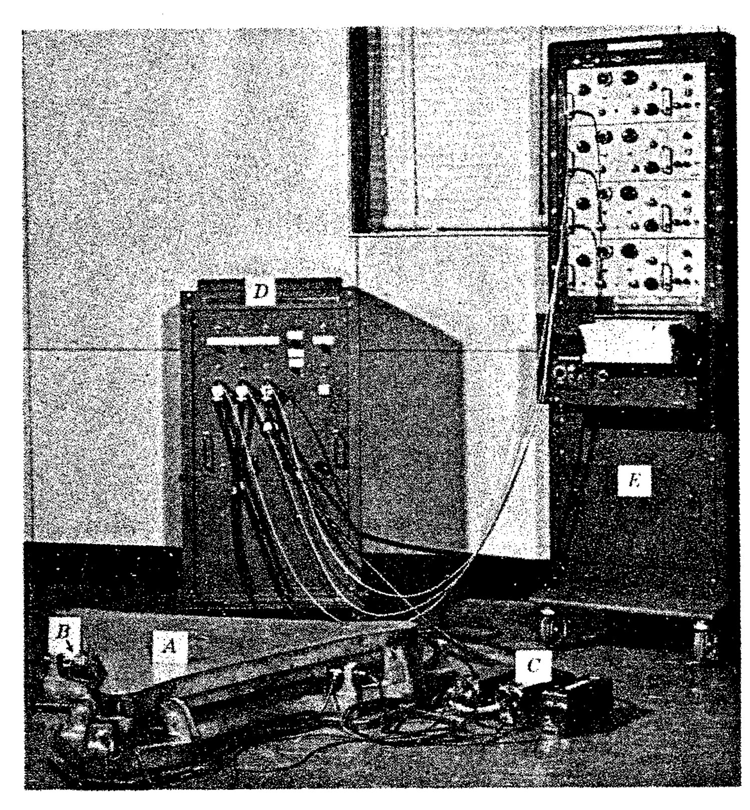


FIG. 309.—Plataforma dinámica. A, placa triangular sobre la que se sitúa el operario; B, cristal de cuarzo piezoeléctrico empleado para medir la fuerza; C, electrómetros para medida de las componentes frontal, vertical y transversal; D, puente compensador y fuente de energía para los electrómetros; E, registrador Sanborn pluricanal. (Por cortesía del doctor LUCIEN BROUHA y de DU PONT COMPANY.)

sión sobre los cristales de cuarzo, cuyas variaciones se registrarán en sus componentes verticales, frontales u horizontales. Estas fuerzas son proporcionales al esfuerzo que ha de hacer el sujeto para realizar la tarea en estudio.

La figura 310 reproduce el movimiento de un obrero que carga bo-

binas textiles sobre las clavijas de un bastidor especial (7). La figura 311 muestra las fuerzas producidas en tres dimensiones al manejar las bobinas textiles a diferentes alturas. Obsérvese que las tres primeras filas de clavijas no requieren tanto esfuerzo como la fila inferior, en la

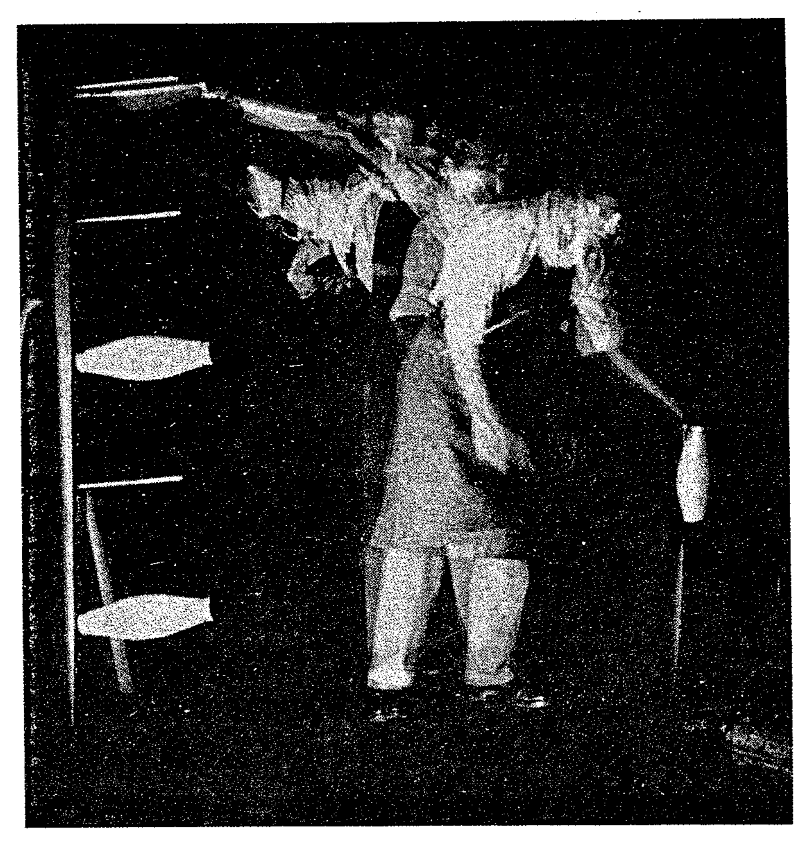


FIG. 310.—La plataforma dinámica. Una fotografía estroboscópica muestra al obrero trabajando con bobinas textiles.

cual el obrero tiene que encorvarse y enderezarse, lo que se acusa marcadamente en las gráficas de esfuerzos frontales y verticales. El estudio demostró que el esfuerzo necesario para colocar las bobinas en la fila inferior era mayor que el esfuerzo total realizado para colocarlas en las otras cuatro, y por ello se prescindió de la inferior.

(7) LUCIEN LAURU y LUCIEN BROHUA: *Obra citada*, pág. 20.

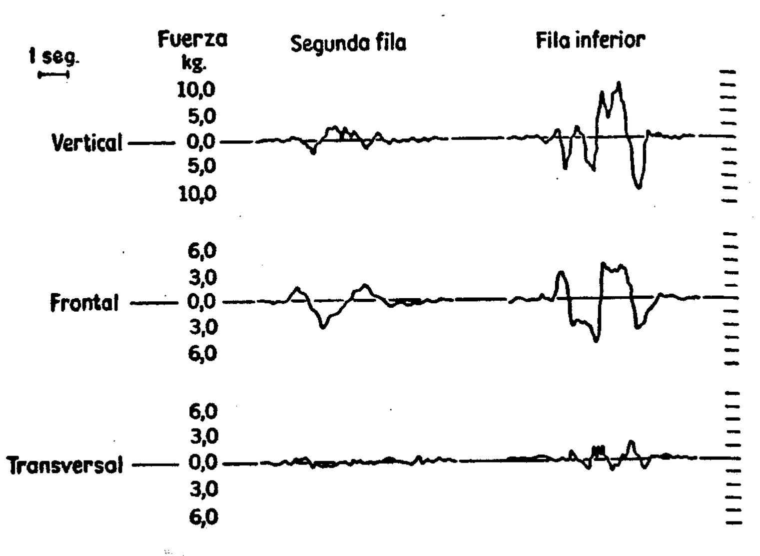


FIG. 311.—Fuerzas ejercidas al manipular bobinas textiles a diferentes alturas. Nótense las variaciones en la componente vertical.

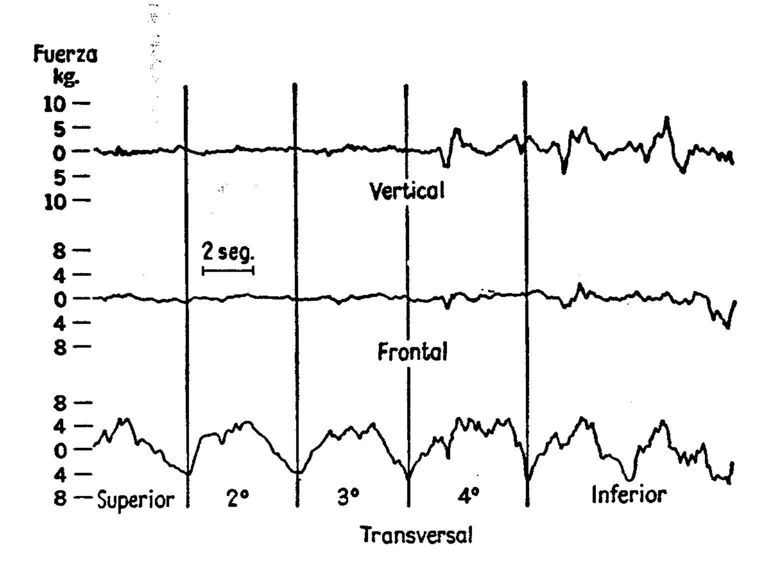


FIG. 312.—Fuerzas ejercidas al abrir y cerrar cajones de archivador a distintas alturas.

La figura 312 representa las fuerzas desarrolladas para abrir y cerrar cajones de archivadores a distintas alturas. El esfuerzo total (calculado a partir de sus tres componentes) necesario para cerrar el cajón superior fue de 16 Kg. El mismo esfuerzo se necesitó para abrir y cerrar el segundo cajón, 21 Kg para el tercero, 30 Kg para el cuarto y 42 para el inferior.

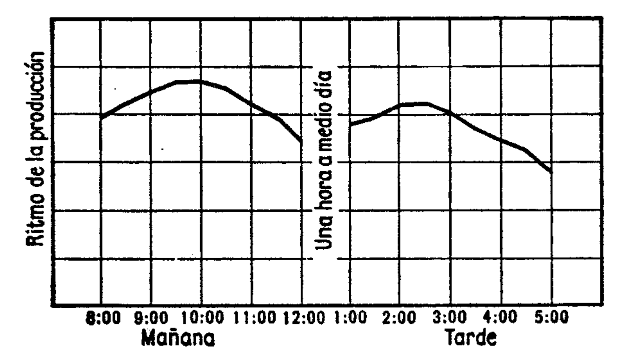


FIG. 313.—Curva típica de producción diaria para un individuo dedicado a trabajo muscular muy pesado

Disminución de producción como síntoma de fatiga.—Algunos creen que el índice de fatiga más práctico y útil es su efecto sobre la cantidad y calidad del trabajo del individuo; que la fatiga se puede medir en términos de producción disminuida resultante del trabajo. No obstante, no se puede decir definitivamente que la producción disminuye de resultas de la fatiga. El que una persona realice menos trabajo durante la última hora de la jornada puede ser debido, naturalmente, al hecho de que se encuentra cansada. También puede ser debido al hecho de que ha perdido interés en la tarea porque está preocupada por algún problema personal o, simplemente, porque cree haber realizado ya su trabajo del día.

La cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo se puede representar por una curva de producción llamada también curva de trabajo. No resulta improbable que la curva de producción para trabajo manual *muy pesado* tome la forma indicada en la figura 313. Algunas personas interpretan esta curva de la siguiente forma: la pendiente ascendente de la mañana indica un período de intensificación, seguido de un aumento en la producción hasta la mitad de la mañana, en que tiene lugar un descenso en la producción, posiblemente debido a la fatiga del obrero. La curva de la tarde es de forma análoga aunque cae más rápidamente hacia el final de la jornada.

En la industria, actualmente, mucho trabajo es de tipo ligero y requiere poco esfuerzo físico por parte del operario. La curva de producción representada en la figura 314 parece ser típica para esta clase de trabajo, con una producción bastante uniforme a lo largo del día. El operario tiene tal reserva de energía y las exigencias físicas de la tarea son tan pequeñas, que le es completamente posible conservar una producción regular durante la totalidad de la jornada. De hecho, no es raro encontrar un operario que aumenta su velocidad durante la última hora de la jornada, bien porque una espera surgida durante el día le ha retrasado o bien porque se ha puesto en producción una tarea que requiere una rápida ejecución.

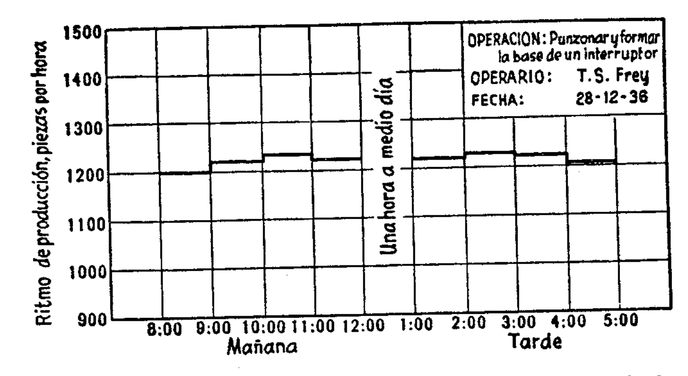


FIG. 314.—Curva de producción para punzonar y formar la base de un interruptor en una prensa Bliss núm. 21

Factores que afectan al grado de fatiga.—Hay muchos factores que afectan a la cantidad de trabajo que hará un individuo al día y al grado de fatiga física que aquel le producirá. Dadas una serie de condiciones de trabajo y equipo, la cantidad de trabajo realizado en un día depende de la habilidad del obrero y de la velocidad a que lo hace. Este último factor depende directamente de la disposición o *voluntad de trabajo* del individuo que, a su vez, está afectada por diversas causas. La fatiga resultante de un nivel de actividad dado dependerá de factores tales como: 1) horas de trabajo, esto es, duración de la jornada laboral y horas de trabajo semanales; 2) numeración, situación y duración de los períodos de descanso; 3) condiciones de trabajo, tales como iluminación, calefacción, ventilación y ruido, y 4) el trabajo en sí.

Horas de trabajo.—Las investigaciones del Comité de Sanidad de los obreros de las industrias de guerra, organizado en Gran Bretaña en el año de 1915, dieron ímpetu al movimiento que luchaba por disminuir la duración de la jornada de trabajo. En aquellos tiempos era común la jornada de doce a quince horas. Los informes de este Comité y los resultados de otras muchas investigaciones realizadas desde aquella fecha indican la economía conseguida con un número menor de horas de trabajo. Es evidente que, en la mayor parte de los trabajos, excepto en las operaciones cuya producción depende principalmente de la velocidad de la máquina, la reducción a ocho horas de la jornada de trabajo da por resultado un aumento de la producción horaria y diaria (8).

Dado que en Estados Unidos está implantada la jornada de ocho horas y la semana de cinco días, parece ser que no hay muchas posibilidades de obtener ganancias, desde el punto de vista de impedir la fatiga física, reduciendo aún más la jornada de trabajo. Cuando no se pueden llegar a cubrir las crecientes demandas de producción en la jornada de ocho horas, queda la posibilidad de implantar dos o tres turnos de ocho horas diarias, como solución práctica. Esto tiende igualmente a reducir los costes generales de funcionamiento de la fábrica, ya que los gastos generales se distribuirán sobre un número mayor de unidades.

Períodos de descanso.—Cuando una persona ejecuta un trabajo físico pesado, necesita parar y descansar a intervalos durante la jornada. Si dicha clase de trabajo se realiza bajo condiciones de temperatura y humedad elevadas, el trabajador está sometido a mayores tensiones y, en consecuencia, necesita más tiempo para recuperarse.

En estos casos, y permita o no la Dirección unos períodos de descanso *oficiales*, los obreros descansarán durante una parte considerable del día. Vernon comprobó que los hombres que realizan trabajo pesado descansan de la mitad a la cuarta parte del tiempo de trabajo (9). Taylor, en su experimento clásico de manipular hierro colado, aumentó la producción diaria desde 12 1/2 toneladas hasta 47, principalmente disponiendo que los obreros descansaran el 57 por 100 del tiempo y trabajaran el 43 por 100 (10).

Hay que hacer notar que estos ejemplos se refieren a trabajos pesados y semipesados y que, en la actualidad, hay muchos trabajos muy ligeros en la industria, los cuales requieren poco esfuerzo físico por parte del operario.

(8) H. M. VERNON: *Industrial Fatigue and Efficiency*. George Routledge and Sons. Londres, 1921. También, "Two Studies on Hours of Work". Industrial Fatigue Research Board. *Informe* 47.

(9) H. M. VERNON y otros: "Rest Pauses in Heavy and Moderately Heavy Industrial Work". Industrial Fatigue Research Board. *Informe* 41, pág. 20.

(10) F. W. TAYLOR: *The Principles of Scientific Management*, pág. 57. Harper and Bros. Nueva York.

Como ya se explicó anteriormente, una persona puede trabajar con un gasto de energía de 5 a 7 kcal/min sin llegar al "déficit de oxígeno". Si se realiza una tarea por debajo de dicho nivel, no se necesitan períodos de descanso. Si las exigencias físicas del trabajo son mayores, o si la temperatura y humedad son elevadas y el gasto de energía excede de 5 kilocalorías por minuto, o si la frecuencia del pulso es superior a 100 ó 125 pulsaciones por minuto, deben introducirse períodos de descanso. Cada persona tiene cierto "capital fisiológico" contra el que puede girar letras. Por ejemplo, si una persona realiza una tarea que requiere 10 ó 12 kcal/min, en vez de 5, contrae una deuda fisiológica. Por ello, debe introducirse un período de descanso para que la persona pueda sentarse y descansar, a fin de poder pagar su deuda fisiológica o llevar su frecuencia de pulso y consumo de oxígeno a los valores normales (11). La dificultad de una tarea puede evaluarse por el consumo de oxígeno en litros por minuto, el gasto de energía en kilocalorías por minuto y el ritmo cardíaco en latidos por minuto. El Dr. Brouha ha compilado una clasificación de cargas de trabajo, en función de las reacciones fisiológicas (12), que se muestra en la Tabla LXXII. La Tabla LXXIII da los gastos de energía para cierto número de tareas diferentes. Esta información se ha tomado de los informes de muchos investigadores resumidos por Passmore y Durnin (13).

TABLA LXXII.—CLASIFICACIÓN DE CARGAS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LAS REACCIONES FISIOLÓGICAS

Carga de trabajo	Consumo de oxígeno en litros/min	Consumo de energía en kcal/min	Ritmo cardíaco durante el trabajo en latidos/min
Ligera	0,5-1,0	2,5- 5,0	60-100
Moderada	1,0-1,5	5,0- 7,5	100-125
Pesada	1,5-2,0	7,5-10,0	125-150
Muy pesada	2,0-2,5	10,0-12,5	150-175

En muchas clases de trabajo, tanto pesado como ligero, es conveniente tener períodos de descanso por las razones siguientes: 1) Los períodos de descanso aumentan la cantidad de trabajo realizado en el día. 2) A los obreros les gustan los períodos de descanso. 3) Los

(11) E. A. MÜLLER: "The Physiological Basis of Rest Pauses in Heavy Work", *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, núm. 4, 1953.
(12) LUCIEN BROUHA: *Physiology in Industry*, Pergamon Press, Nueva York, 1960, pág. 87.
(13) R. PASSMORE y J. V. G. A. DURNIN: "Human Energy Expenditure", *Physiological Reviews*, vol. 35, núm. 4, págs. 816-834, octubre 1955.

períodos de descanso disminuyen la variabilidad en el ritmo de trabajo y tienden a animar al operario a mantener un nivel de actuación más próximo a su producción máxima. 4) Los períodos de descanso reducen la fatiga física. 5) Reducen la cantidad de tiempo personal restado a las horas de trabajo.

Por lo general, los períodos de descanso se colocan en el centro de la mañana y centro de la tarde y su duración varía de cinco a quince minutos. El número apropiado de períodos de descanso y la duración debida de cada uno dependerán de la naturaleza del trabajo y se pueden determinar satisfactoriamente mediante experimentación.

TABLA LXXIII.—TABLA DE CONSUMO DE ENERGÍA

TIPO DE OPERACION	Coste de energía en kcal/min
Sentado y ocioso	1,2
Reparación de relojes	1,6
Trabajo de oficina, sentado	1,65
Trabajo de montaje ligero	1,8
Delineación	1,8
Trabajo de oficina, en pie	1,90
Sastrería a mano	2,0
Composición a mano (imprenta)	2,2
Sastrería a máquina	2,6
Chapistería	3,0
Prensas punzonadoras	3,8
Planchado de trajes	4,3
Ajuste de ánodos	4,4
Enderezar barras de contacto de plomo	4,6
Empujar una carretilla a 4,5 km/h., con una carga de 57 kg. sobre terreno llano	5,0
Palear 8 kg. de arena a una distancia de 0,91 m., elevando la pala a 0,46 m. y al ritmo de 12 paladas por minuto ...	5,4
Descargar cajas del horno de recocido	6,8
Empujar una carretilla a 4,5 km/h. con una carga de 150 kilogramos sobre terreno llano	7,0
Palear una carga de 8 kg. a una distancia de 0,91 m., elevando la pala a 0,91 m. y al ritmo de 12 paladas por minuto.	7,5
Excavación de zanja en suelo arcilloso	8,5
Trabajo en horno de acero	10,2

En general, son preferibles varios períodos cortos de descanso a pocos períodos y largos. Cuando una persona trabaja bajo condiciones de calor o de humedad, su recuperación será más rápida si puede descansar en una habitación fría y con aire acondicionado. Si los obreros trabajan en equipo, la rotación de tareas a intervalos frecuentes

puede servir para reducir el coste fisiológico total por persona, pues en cada tarea se utilizan grupos de músculos diferentes.

La experiencia demuestra que los períodos de descanso definidos, sancionados por la Dirección, tienen un efecto de recuperación mucho mayor que los que se han de tomar subrepticiamente. Los descansos forzados, a causa de falta de materiales o algo por el estilo, no tienen más que una quinta parte del valor de los descansos prescritos, en lo que se refiere a aliviar la fatiga (14).

Cuando a los obreros se les paga por hora, cuando no se mide su trabajo, y cuando se los emplea para la ejecución de tareas en las cuales pueden fijar su propio ritmo, puede descansar cada trabajador cuando lo desee y es libre de ajustar sus períodos de trabajo y de descanso a sus propias necesidades. Sin embargo, cuando el tiempo de una operación está medido y se da al trabajador una oportunidad de ganar una prima sobre su salario, se establece para la tarea un tiempo tipo, en el que están comprendidos un suplemento para necesidades personales y otro para descanso o recuperación de la fatiga. Cada empresa tiene sus propias tablas para determinación de los suplementos de fatiga, y las más antiguas las han obtenido a través de tanteos realizados durante muchos años. Por ello, existe una necesidad real de un método más sistemático de determinar los suplementos por fatiga, y parece lógico que las medidas fisiológicas puedan contribuir a la solución de este problema.

Iluminación, calefacción y ventilación.—La iluminación, la calefacción y la ventilación tienen un efecto definido sobre el bienestar físico, la actitud mental, la producción y la fatiga del obrero. Las condiciones de trabajo se deben ajustar de tal forma que hagan cómodos para el trabajo tanto el taller como la oficina. Se comprende bien la necesidad de disponer de iluminación, calefacción y ventilación apropiadas y, en la actualidad, existe en el mercado el equipo necesario para conseguir las condiciones físicas de comodidad.

En la mayor parte de las fábricas es posiblemente la iluminación el factor más inadecuadamente dispuesto. Cuando el trabajo es de tal naturaleza que se necesita percepción visual para su ejecución satisfactoria, se aumenta invariablemente la producción al instalar una iluminación adecuada. Ejemplos de trabajos de esta naturaleza son las operaciones de inspección descritas en las páginas 278 a 285.

Ruido y vibración.—Aunque el ruido moleste prácticamente a todo el mundo, la mayor parte de la gente se adapta rápidamente a estas condiciones y los efectos, tanto psicológicos como fisiológicos, no son

(14) H. M. VERNON, op. cit., pág. 21.

tan serios como mucha gente cree (15). Viteles saca las siguientes conclusiones de su estudio del ruido:

1) No hay evidencia experimental alguna demostrativa de que la ejecución automática se vea adversamente afectada por el ruido o la vibración.
2) No obstante, excepto para ciertos ruidos "significativos", existe en general acuerdo de que tanto el ruido como la vibración son compañeros desagradables e incómodos del trabajo.
3) Un ruido continuo de fondo parece tener con frecuencia un efecto inicial estimulante y esto, junto con el punto 2), parece indicar que se debe considerar el ruido como una condición adversa, a la que se vence mediante un aumento inconsciente del esfuerzo.
4) Con trabajo constructivo que implica esfuerzo mental se observa una pérdida ligera pero constante de calidad, especialmente si el esfuerzo es continuo. Aunque tal pérdida es apenas o solo estadísticamente importante, por lo que se refiere a los experimentos realizados, puede, no obstante, serlo psicológicamente, como se desprende de su constancia.
5) El ruido discontinuo estorba más que el continuo; el ruido "significativo" puede ser más o menos molesto que el "no significativo", según su interés y familiaridad (16).

Como el ruido y la vibración son molestos, resultan indeseables y se deben reducir o eliminar todo cuanto se pueda. Los trabajos de estampado, corte y prensa se agrupan frecuentemente en una parte de la fábrica, a fin de conservar el resto de la misma relativamente libre de ruidos. Cuando se encuentran afectados gran número de empleados y el trabajo requiere un alto grado de concentración o atención, puede resultar económico reducir el ruido cubriendo techos y paredes con amortiguadores del sonido, como se hace en muchos talleres.

Algunas empresas rodean completamente las máquinas ruidosas, como por ejemplo las punzonadoras automáticas, de sólidos muros construidos con materiales capaces de absorber el sonido. Tales muros están diseñados de modo que puedan abrirse para alimentar y ajustar las máquinas.

Efecto de la actitud mental sobre la fatiga.—La fatiga no es, en absoluto, esa cosa tan sencilla y fácil de definir que muchos quieren hacernos creer. Cathcart (17), Dill (18) y Mayo (19), todos los cuales

(15) K. G. POLLOCK y otros: "Two Studies in the Psychological Effects of Noise". Industrial Health Research Board. *Informe* 65, pág. 30.
(16) M. S. VITELES: *Industrial Psychology*, pág. 510. W. W. Norton and Co., Inc. Nueva York, 1932.
(17) E. P. CATHCART: *The Human Fatigue in Industry*. Oxford University Press, Londres, 1928.
(18) D. B. DILL: "Fatigue and Work Efficiency", *Personnel Journal*, vol. IX, número 4, págs. 112-16. American Management Association.
(19) E. MAYO: *The Human Problems of an Industrial Civilization*. Macmillan Co. Nueva York, 1933.

han escrito sobre esta cuestión con gran claridad, apuntan las múltiples facetas de la fatiga.

La Western Electric Company llevó a cabo un estudio meticuloso sobre la fatiga de operarios de fábrica ocupados en trabajos de producción regular, estudio que cubrió un período de varios años y mostró que la actitud mental de los obreros era, con mucho, el factor más importante en la eficacia de los mismos.

Las conclusiones específicas (20) relativas a esta cuestión, son:

1) La cantidad de tiempo que se ha dormido tiene un efecto ligero, pero significativo, sobre la actuación individual.
2) Existe una relación bien clara entre el estado emocional o condiciones domésticas en que viven las jóvenes y su actuación.
3) La productividad diaria total aumenta y no disminuye con los períodos de descanso.
4) Las influencias exteriores tienden a crear un espíritu elevado o deprimido, que se refleja en la producción.
5) Probablemente, el factor que más influye en el rendimiento de las operarias es su actitud mental en relación con su jefe directo y con las condiciones laborales y domésticas.

Mayo (21) seleccionó de los informes del experimento realizado en Hawthorne unas conclusiones adicionales referentes a este punto, algunas de las cuales se exponen a continuación:

Ha habido una tendencia creciente continua en la producción, independientemente de los cambios efectuados en los períodos de descanso. Dicha tendencia ha continuado demasiado tiempo para que se pueda suponer debida a un estímulo inicial producido por la novedad de comenzar un estudio especial.

Se ha experimentado un aumento importante en la satisfacción de las jóvenes que trabajan sometidas a las condiciones existentes en la sala de pruebas.

Desde que entraron en el grupo de la sala de pruebas, han disminuido entre ellas las ausencias en un 80 por 100. Las ausencias por enfermedad registradas durante los últimos seis meses entre las operarias de la sala de pruebas han sido un tercio de las del departamento regular.

De las observaciones realizadas con las operarias en la sala de pruebas de montaje de relés se desprende que su salud se conserva y mejora y que trabajan dentro de su capacidad...

Los factores importantes que influyeron en la formación de una actitud mental mejor y una mayor satisfacción hacia el trabajo han sido la mayor libertad, una vigilancia menos estricta y la oportunidad de variar la marcha del trabajo sin reprimendas del jefe de grupo.

Las operarias no tienen una idea clara de por qué son capaces de producir más en la sala de pruebas; pero, como se muestra en las respuestas a los cuestionarios..., existe la sensación de que la obtención de una producción mejor está relacionada de alguna forma con que las condiciones de trabajo son más agradables, libres y felices.

(20) G. A. Pennock: "Industrial Research at Hawthorne, an Experimental Investigation of Rest Periods, Working Conditions, and other Influences", *Personnel Journal*, vol. VIII, núm. 5, pág. 311.

(21) E. Mayo, *Ob. cit.*, pág. 67.

Perfeccionamiento del método de realizar el trabajo.—Se ha estimado que el trabajo manual inútil realizado en nuestras tiendas, oficinas, fábricas y casas es de un 25 a un 50 por 100 y que se podría hacer el trabajo de una forma mejor, para obtener la misma producción consumiendo los obreros menos energía. En el pasado, el ingeniero de producción ha desempeñado un papel importante, aumentando el rendimiento de la mano de obra y, en la actualidad, sus oportunidades son mayores que nunca. Para su trabajo, el estudio de movimientos y tiempos es uno de los auxiliares más valiosos.

Al buscar un método mejor para realizar un trabajo, casi siempre se le hace más fácil y satisfactoria la tarea al obrero, porque el método perfeccionado es lógico y conveniente y permite movimientos suaves, naturales y rítmicos.

CAPITULO XXXVI

PROGRAMAS DE ENSEÑANZA DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

El trabajo del departamento de estudio de movimientos y tiempos no tiene en algunas empresas el éxito que debería tener porque los miembros de la empresa no entienden cómo se hacen dichos estudios y, por consiguiente, no prestan al departamento el apoyo y cooperación que debieran. En ocasiones, esta falta de comprensión se extiende desde el director hasta los encargados y obreros de la fábrica.

Uno de los medios mejores para hacer frente a estas dificultades es dar a conocer a todos los miembros de la empresa los métodos y procedimientos del estudio de movimientos y tiempos merced a unos programas de enseñanza bien dirigidos. Aquí se expondrán algunos programas típicos de esta clase.

PROGRAMAS DE ENSEÑANZA DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

Antes de dar comienzo a una tarea, alguien tiene que planificarla y prepararla. Este trabajo preliminar incluye la determinación de los pasos a seguir en la ejecución del trabajo, selección de las herramientas y equipo que se ha de utilizar e instrucción del operario.

Cuando la producción de un artículo determinado es grande, ingenieros asesores establecen los detalles y ayudan al encargado y a los supervisores en la puesta en marcha de la tarea. No obstante, la mayor parte del trabajo no es de naturaleza repetitiva y un operario puede hacer varias tareas diferentes en el curso del día o de la semana. En estos casos, el supervisor decide generalmente cómo ha de ser realizada la tarea, dispone el lugar de trabajo, selecciona las herramientas y el equipo e instruye al operario. Por esta razón es deseable que esas personas encargadas de la operación conozcan los fundamentos de los métodos de trabajo adecuados. Incluso cuando se espera que sea grande la producción del artículo y cuando se asigna a los ingenieros de organización el trabajo de idear métodos de producción, los encargados y supervisores representan un papel importante ayudando a los ingenieros a obtener el procedimiento a seguir. También aquí es deseable que el supervisor tenga un conocimiento de la técnica del ingeniero de organización en lo que se refiere al perfeccionamiento de los métodos.

No obstante, en el análisis final, es el operario el que realiza la tarea, el que utiliza las herramientas y el equipo elegido por el supervisor o el ingeniero y emplea los métodos por él sugeridos. Por consiguiente, es lógico que el operario conozca también aquellos métodos y técnicas que le permitirán hacer su tarea de la forma más fácil y productiva.

Se ha demostrado muchas veces que, tanto los operarios como los supervisores, pueden aplicar beneficiosamente los principios de economía de movimientos. Naturalmente, el supervisor es el que tiene que tomar la iniciativa en cuanto a utilizar estas herramientas para el perfeccionamiento de los métodos de ejecutar la tarea. Haciéndolo así, puede esperarse que el operario asimile más rápidamente este conocimiento, bien sea a través de la instrucción que recibe del encargado o a través de un cursillo de enseñanza.

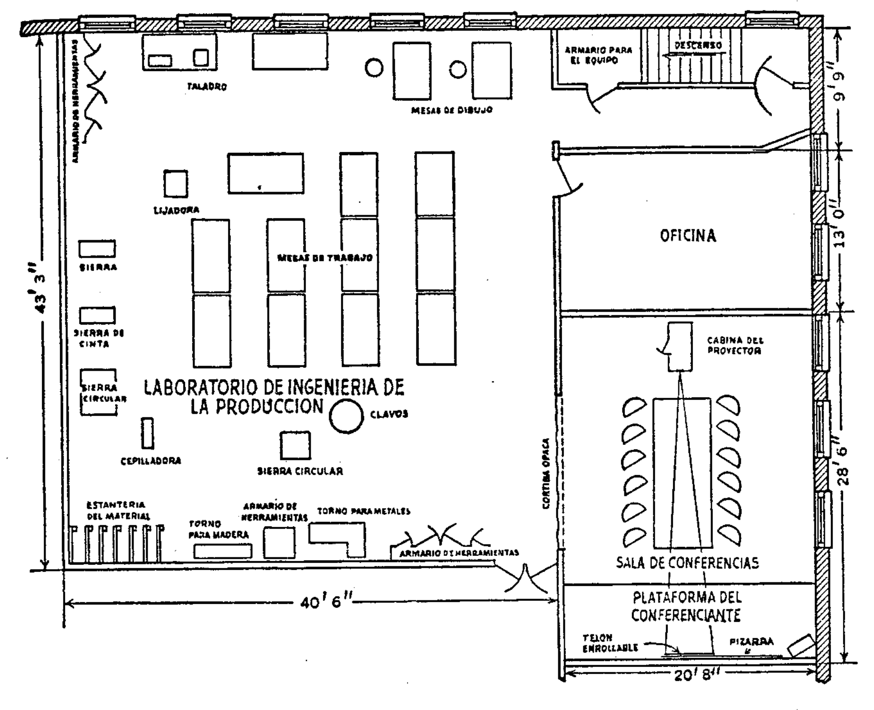


FIG. 315.—Planta del Centro de Ingeniería de la Producción de la Compañía Armstrong Cork.

Los programas de adiestramiento destinados a presentar los procedimientos y técnicas del ingeniero de organización al alto personal,

encargados, supervisores y operarios, proveen un medio efectivo para la obtención de mejores métodos de trabajo en cualquier empresa.

Para que sea máximo el rendimiento de un programa de perfeccionamiento de métodos, este ha de desarrollarse de acuerdo con las necesidades del grupo concreto que ha de seguirlo.

Visión previa del programa.—Un programa de perfeccionamiento de métodos, lo mismo que cualquier otra actividad importante de la empresa, ha de ser plenamente comprendido y apoyado por la alta



Fig. 316.—Sala de conferencias para el programa de desarrollo de métodos, en la Armstrong Cork Company.

dirección si se quiere que tenga éxito. En efecto, todo el personal ejecutivo, directores y supervisores han de estar al tanto de los fines y objetivos del programa y han de comprender los principios y medios prácticos utilizados en el desarrollo de mejores métodos de trabajo. Por esta razón es esencial dar a la alta dirección un bosquejo o una introducción al programa.

Como ha quedado ya indicado, ha de elaborarse un programa que se ajuste a las necesidades particulares de la empresa y el resumen presentado al comienzo debe reflejar el tipo de programa que ha de seguir.

El programa.—En muchos casos se ha encontrado provechoso presentar el programa a los ingenieros de organización, supervisores, encargados, ingenieros del proceso, diseñadores de herramientas y plantillas, ingenieros mecánicos, jefes de grupo y operarios clave. El programa de 30 a 40 horas de duración es el más corriente. Posiblemente, el mejor resultado se obtiene dando el cursillo durante un período continuo de 2 semanas aproximadamente. Las mañanas pueden dedicarse a discusiones y demostraciones en la sala de conferencias y las tardes a trabajos prácticos y problemas. Si se incluyen trabajos prácticos en el

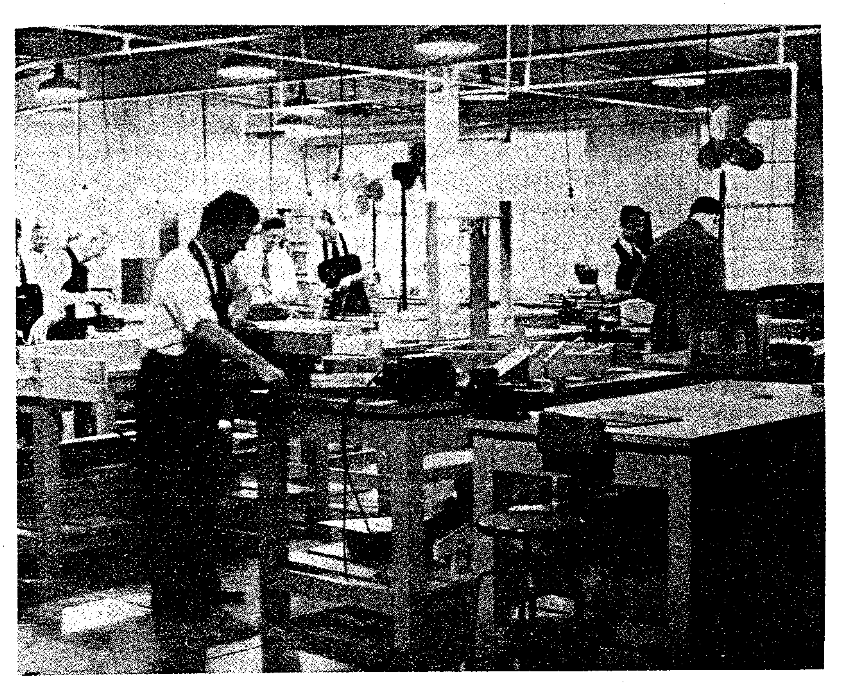


Fig. 317.—Laboratorio para trabajos prácticos relacionados con el Programa de Desarrollo de Métodos, en la Armstrong Cork Company.

programa, se necesita un local, combinación de taller y laboratorio (Figs. 315, 316 y 317). Si no resulta posible presentar la totalidad del programa en una sesión continua, la materia puede darse en una serie de reuniones de 1, 2 ó 3 horas, convocadas una o dos veces a la semana, según se considere más conveniente.

Un caso específico.—En la Armstrong Cork Company ha venido formando parte del adiestramiento de los jefes y mandos, con carácter

regular y desde 1945, un programa de perfeccionamiento de métodos. Esta empresa emplea a unas 15.000 personas en 18 fábricas diseminadas por los Estados Unidos. La Compañía está bien dirigida y ha tenido, durante años, en cada una de sus fábricas, un plantel de ingenieros de organización bien instruidos.

En la fábrica principal se estableció un Centro de Ingeniería de la Producción y en 1945 se inició un programa de perfeccionamiento de métodos a fin de dar mayor importancia, dentro de la empresa, a esta fase de organización, normalizar las técnicas y procedimientos de todas las fábricas y personal de la empresa y poner los cimientos de un programa de perfeccionamiento de métodos para encargados y supervisores que se realizaría después en cada fábrica (1).

Ingenieros de organización, de procesos, mecánicos y representantes de la alta dirección de las diversas fábricas venían al Centro de Ingeniería de la Producción en grupos de 10 a 15 para asistir, durante dos semanas, al curso de instrucción, consistente en conferencias y trabajos prácticos. Al final de este programa se daba en cada fábrica un ciclo más corto de conferencias para los encargados y supervisores. Este programa estaba proyectado de acuerdo con las necesidades de la fábrica en que se iba a presentar. Una característica interesante de estas conferencias era el trabajo práctico que cada encargado realizaba en su propio departamento, aplicando a problemas específicos los métodos y técnicas presentados en las conferencias. Tanto el director de las conferencias como los ingenieros de organización de la fábrica estaban

TABLA LXXIV.—PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS PRINCIPALES, ARMSTRONG CORK COMPANY

TEMA	Número de fábricas en las que se dieron cursos	Número de cursos dados	Número de participantes
Análisis del proceso	14	35	350
Análisis de hombres e instalaciones	18	40	400
Análisis de materiales y desechos	18	40	400
Directores de la fábrica de Lancaster	1	10	150
Dirección de la producción:			
Sección de métodos para nuevos supervisores en el Centro de Ingeniería de la Producción	18 (Fábricas participantes)	50	380
TOTALES		175	1.680

(1) JOHN V. VALENTEEN: "A Longe-Range Methods Development Program", *Modern Management,* vol. VIII, núm. 5, págs. 6-9, julio 1948; también "Stimulating and Maintaining Enthusiasm for Methods Improvement", *Proceedings Eighth Industrial Engineering Institute,* Universidad de California, págs. 69-74, febrero 1956.

a disposición del encargado para apoyarle cuando necesitaba ayuda en este trabajo.

Cuando la Empresa estableció el Departamento de Ingeniería de Producción, en 1945, se concibió el programa de perfeccionamiento de métodos como la primera parte de un programa de enseñanza de gran amplitud en el campo de la organización industrial. En la tabla LXXIV se enumeran los programas que se han llevado a la práctica desde que el Programa de perfeccionamiento de métodos comenzó a aplicarse por primera vez en las fábricas de la Empresa en el año 1946.

Treinta y cinco años de enseñanza de estudio de movimientos.—Los talleres de Fort Wayne, de la General Electric Company, han mantenido continuamente, durante casi treinta y cinco años, un programa de enseñanza de estudio de movimientos. Desde el principio vieron la importancia de enseñar a todos los miembros de su personal directivo los métodos y la técnica del estudio de movimientos.

En 1928 se enviaron a Schenectady representantes de las diversas fábricas de la General Electric. Allí se daban los cursos de estudio de movimientos, comprendiendo la enseñanza tanto instrucción teórica en clase como aplicación de los principios en el laboratorio y la fábrica. Después de recibir una instrucción a fondo, regresaban estos representantes a sus fábricas respectivas y procedían a llevar a cabo programas de enseñanza propios.

L. P. Persing, en enero de 1929, comenzó el programa de enseñanza de estudio de movimientos en los talleres de Fort Wayne con un curso de ingenieros de planificación y de estudio de tiempos. Durante un período de tres años se dieron los siguientes cursos (2):

3	Cursos de ingenieros de planificación y de estudios de tiempos (principiantes)	27
4	Cursos de ingenieros de planificación y de estudios de tiempos (adelantados)	61
16	Cursos de encargados generales, encargados, ayudantes de encargados y operarios avanzados	268
2	Cursos de proyectistas de maquinaria y herramientas especiales	27
3	Cursos de operarios avanzados, obreros especializados y obreros del servicio de personal (femenino)	42
1	Curso de ingenieros constructores	22
1	Curso de obreros especializados (montadores)	16
30	TOTAL DE CURSOS. TOTAL DE ASISTENTES.	463

Durante el período en que se llevó a cabo la enseñanza se idearon nuevos métodos mediante la aplicación de los principios de estudio de movimientos. En total se estudiaron y revisaron los métodos de 96 ta-

(2) L. P. PERSING: "Motion Study-The Teacher", *Factory and Industrial Management,* vol. LXXXIII, núm. 9, págs. 337-40, septiembre 1932.

reas. Los métodos perfeccionados produjeron una reducción media en el tiempo del 40 por 100 y las herramientas y el equipo necesarios para poner en marcha los métodos perfeccionados supusieron el 7,4 por 100 del ahorro total.

Desde su comienzo, en 1929, se han continuado dando las enseñanzas sobre el estudio de movimientos. Durante el último período de tres años se han dado los siguientes cursos de estudio de movimientos y tiempos en los talleres de Fort Wayne y en otras fábricas de la empresa:

18	Cursos de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para planificadores de métodos, analistas de tiempos tipo y mandos intermedios (32 períodos de hora y media cada uno, bisemanalmente)	211
1	Curso de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados, para planificadores de métodos e ingenieros proyectistas (32 períodos de hora y media cada uno, bisemanalmente)	9
1	Curso de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para planificadores de métodos, planificadores de herramientas y mandos intermedios (32 períodos de hora y media cada uno, bisemanalmente) ...	10
1	Curso de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para ingenieros proyectistas del producto (36 períodos de dos horas cada uno, bisemanalmente).	7
1	Curso de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para planificadores de métodos, ingenieros proyectistas y delineantes (20 períodos de dos horas cada uno, bisemanalmente)	11
3	Cursos de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para mandos generales e intermedios (20 períodos de dos horas cada uno, bisemanalmente).	24
2	Cursos de estudio de tiempos para analistas de tiempos tipo (24 períodos de dos horas cada uno, bisemanalmente)	16
2	Cursos de estudios de movimientos para aprendices herramentistas (20 períodos, de hora y media cada uno, bisemanalmente)	24
36	Cursos de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados para planificadores de proceso e instalaciones; analistas de tiempos; mandos intermedios; jefes de costes, producción, compras; proyectistas de herramientas, e ingenieros proyectistas (30 períodos de hora y media cada uno, bisemanalmente)	432
65	TOTAL DE CURSOS. TOTAL DE ASISTENTES.	744

Persing, al dar la información anterior afirma lo siguiente:

> Los asistentes a estos cursos han trabajado, durante este período, en millares de beneficiosos proyectos a través de nuestros programas de enseñanza de estudio de movimientos y de tiempos predeterminados. Además, con este tipo de enseñanza se ha conseguido una mejor comprensión de nuestra propia organización y se ha hecho más eficaz el trabajo de todos los grupos.

Desde que comenzó el programa, en 1929, se han dado más de 600 cursos a más de 6.100 personas en las fábricas de Fort Wayne de la General Electric.

Programa de cambio de métodos.—Durante la década 1930-39, la Procter and Gamble Company concedió especial importancia a la mejora del rendimiento en sus fábricas, consiguiendo éxitos considerables (3). Sin embargo, a partir de 1940 el ritmo de mejora disminuyó notablemente, resultando evidente que para mantener la tasa de reducción de costes a un nivel aceptable sería necesario conceder mayor importancia al cambio de métodos. Puesto que para introducir cambios profundos es preciso convencer de su necesidad a todos los miembros de la empresa, empezando por los puestos más elevados, el programa de métodos comenzó dando al personal directivo de fabricación unos cursillos acerca de los conceptos y técnicas de la simplificación del trabajo. Se llevó a cabo un programa especial para ingenieros de métodos, personal graduado con uno a cinco años de experiencia. Una vez terminado el curso, de una semana de duración, los alumnos regresaron a sus respectivas fábricas, a comenzar su trabajo como especialistas de métodos.

1. *Especialista.*—Durante el período 1946-1949, cuando los ingenieros de métodos actuaban como especialistas en mejoras de métodos, trabajando con más o menos independencia, los ahorros obtenidos ascendieron a unos 700 dólares anuales por miembro del personal directivo de la fábrica. El programa se consideró como un éxito, y la enseñanza y el programa se extendieron a más personal y más fábricas.

2. *Coordinador.*—En 1950 la posición del ingeniero de organización pasó de especialista a coordinador. Antes, el ingeniero proponía los cambios y el capataz no participaba activamente en ellos, por lo cual se sentía inclinado a tomar una postura escéptica ante los cambios propuestos. Ahora el ingeniero consagraba aproximadamente las dos terceras partes de su tiempo a ayudar a los supervisores de la fábrica en sus proyectos, y durante el tiempo restante trabajaba en proyectos propios. Cada miembro directivo de la fábrica elegía varios costes para su reducción. Trabajaba sobre ello él mismo y requería ayuda del ingeniero de métodos cuando lo estimaba necesario. El ingeniero de métodos también dirigía cursos de enseñanza en la fábrica para diversos miembros del personal ejecutivo y asesor de la misma. Con la participación activa de este personal, la magnitud de ahorros llegó a 2.300 dólares anuales hacia 1950.

(3) RICHARD A. FORBERG: "Administration of the Industrial Engineering Activity", *Proceedings Twelfth Industrial Engineering Institute.* Universidad de California, Los Angeles-Berkeley, págs. 22-30, 1960. También RICHARD A. FORBERG: "Effective Control of the Industrial Engineering Function", *Proceedings Management Engineering Conference,* SAM-ASME, págs. 217-19, abril, 1957.

3. *Formación de equipos.*—Formando equipos de cuatro a ocho capataces y asesores y estimulándolos para que trabajaran solamente en los proyectos que pudieran presentar mayores ahorros potenciales, se consiguió despertar más interés. Aumentaron las oportunidades de que el buen trabajo fuera reconocido y entre los equipos se despertó una amistosa rivalidad para conseguir el mejor resultado. En la oficina principal se colocaron carteles para mostrar la actuación de los equipos.

4. *Fijación de objetivos a cada equipo.*—Después, en cada fábrica, anualmente, el personal directivo fijó los objetivos particulares de reducción de costes. A cada equipo se le asignó un objetivo, actuando aún de coordinador el ingeniero de organización. Los ahorros generales de la empresa en 1954 fueron aproximadamente de 4.000 dólares por miembro directivo. Ahorros de esta magnitud hacen que las fábricas tengan gran confianza en los efectos del cambio de métodos.

5. *Extensión de los objetivos a la totalidad de la fábrica.*—Llegó a ser evidente que el programa de reducción de costes podría incluir todos los de la fábrica. Por ello se extendió el programa a todas las fábricas, circulando en ellas una hoja resumen que comparaba los resultados del programa en todas y cada una de ellas, con lo que aumentó el deseo de quedar en buen lugar.

Richard A. Forberg, director de Organización en Procter and Gamble, hace las siguientes declaraciones (4) relativas al programa:

Al comenzar el programa, las fábricas tendían a pensar que todos los proyectos fáciles ya habían sido realizados. Creían que al año siguiente serían más difíciles y, por tanto, fijaban un objetivo modesto. Nos costó trabajo convencer a algunos de que era razonable fijar cada año objetivos mayores.

Era razonable, porque cada vez se conseguía mayor experiencia en reducción de costes. Otro factor era el aumento de la cifra de ventas. Haciendo que los miembros del equipo menos activo produjeran más, se creaba una posibilidad real de conseguir ahorros crecientes.

Aunque hemos llegado a la conclusión de que el procedimiento para fijar el objetivo debe ser democrático, son convenientes algunas directrices. Se estimuló a los equipos a que por sí mismos hicieran la comparación con los demás, sobre la base de economías alcanzadas por cada miembro directivo. También se hacían las comparaciones refiriéndolas a porcentaje sobre los gastos de funcionamiento y sobre el valor de la producción. El deseo de los grupos directivos de cada fábrica de quedar en buen lugar en comparación con los demás constituyó un fuerte incentivo para elegir objetivos que requirieran sus mejores esfuerzos para alcanzarlos.

Como indica la figura 318, los ahorros anuales continuaron creciendo cada año, y en 1962 llegaron a 12.900 dólares por miembro directivo. La cifra es moderada, ya que no se tienen en cuenta los ahorros que continúen pasado el primer año.

(4) *Ibid.*, pág. 27.

Formación de empleados en el estudio de movimientos.—Aunque los programas de enseñanza de estudio de movimientos para capataces y supervisores han sido más corrientes, va en aumento el uso de dichos programas para empleados de talleres y oficinas. En 1949, la Maytag Company puso en práctica un programa general de enseñanza sobre simplificación del trabajo y, como parte de él, todos los trabajadores,

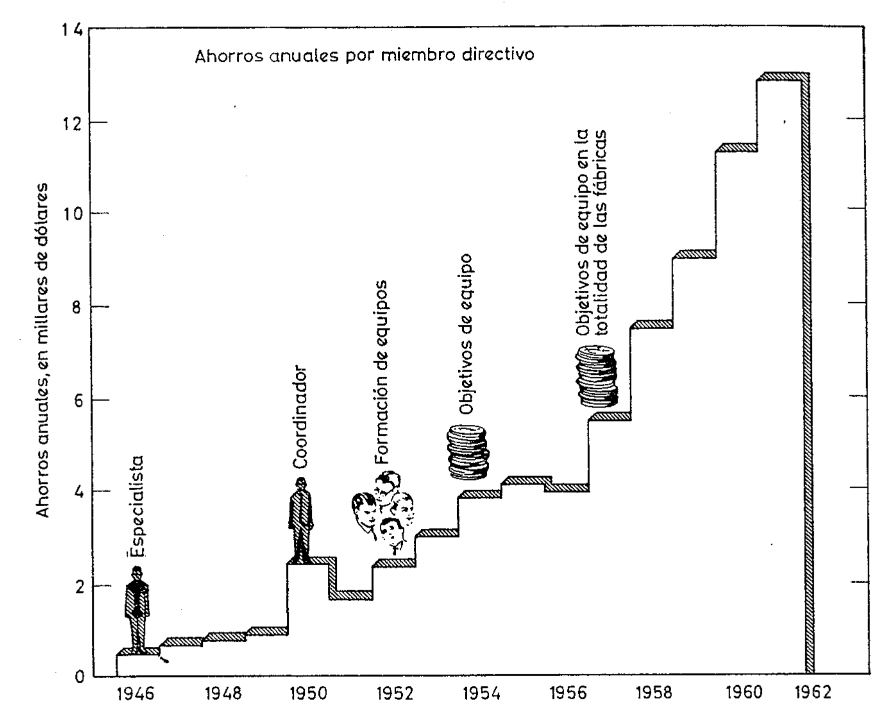


FIG. 318.—Ahorros anuales por miembro directivo, como consecuencia del programa de cambio de métodos.

tanto de taller como de oficina, recibieron 10 horas de enseñanza sobre la materia. El programa consistía en cuatro sesiones de dos horas y media, dirigidas por personal de los Departamentos de Ingeniería de la Organización y de Formación. El programa de enseñanza estaba ligado con el "Plan de Sugerencias del Personal" de la empresa, que es un sistema de sugerencias en el cual se recompensa al empleado con el 50 por 100 de los ahorros netos correspondientes a los seis primeros meses de aplicación de su idea. La enseñanza sobre la simplificación del trabajo está dirigida a ayudar y estimular al empleado a concebir ideas que reduzcan los costes y sugerirlas a la empresa. En 1962 un 60 por 100 del personal sugirió una o más ideas de este tipo.

Desde que, en 1949, comenzó a aplicarse el Plan de Sugerencias del Personal, se han estudiado 15.038 ideas, habiéndose puesto en práctica 3.231, con un coste de 101.785 dólares y un ahorro para la empresa de 1.407.272 dólares. El total pagado a los empleados en concepto de recompensas durante este período ha sido 307.106 dólares.

Los supervisores de Maytag también sugieren ideas para mejora de métodos y reducción de costes. Desde que en 1949 se puso en práctica el programa de simplificación del trabajo para supervisores, se han propuesto 9.431 ideas, de las cuales 3.822 se llevaron a cabo, con un coste de 442.005 dólares, resultando para la empresa un ahorro de 6.652.771 dólares. Al personal directivo no se le concede ninguna recompensa por las ideas que sugiera, ya que la reducción de costes forma parte regular de su trabajo.

Enseñanza del estudio de movimientos en institutos y universidades. Como el estudio de movimientos y tiempos ocupa un lugar tan importante en la industria americana, se ha incorporado esta disciplina a los cursos de universidades, institutos y escuelas técnicas. Muchas escuelas tienen personal e instalaciones para enseñar esta disciplina de manera altamente satisfactoria. La Universidad de Nueva York y la de Iowa fueron de las primeras en dar estas enseñanzas.

Aplicación del estudio de movimientos por todo miembro de la empresa.—Si se enseñan los fundamentos del estudio de movimientos a los encargados, supervisores, personal instalador, personal de conservación, proyectistas de herramientas, contables de costes, personal de estudio de tiempos, personal de control de la producción y jefes de grupos, estos podrán no solo aplicarlos a su propio trabajo sino extenderlos a los obreros de la fábrica. Y, lo que todavía es más importante, resulta así posible consultar a todo miembro de la empresa. Se reciben constantemente sugerencias valiosas de este grupo de hombres experimentados.

Aunque hay ciertos principios o reglas de economía de movimientos que se pueden aplicar a la determinación de los métodos apropiados de hacer una tarea, no existe una forma definida de conseguir los resultados más satisfactorios. Encontrar el método mejor es en parte como inventar o descubrir alguna cosa desconocida. Son útiles y ayudan las sugerencias, preguntas, discusiones y críticas y es probable que se obtengan los resultados más rápidamente cuando son varias las personas interesadas que trabajan en el asunto. Estos trabajos conjuntos producen un ambiente totalmente diferente del que existe cuando el *experto* trabaja él solo en el método y lo pone en marcha sin consultar a nadie y atribuyéndose todo el mérito.

La General Electric Company fue una de las primeras empresas de los Estados Unidos que dio enseñanza de estudio de movimientos a un número grande de empleados y A. H. Mogensen uno de los primeros consejeros en este campo que abogó por esta práctica (5).

Cooperación.—La enseñanza de los principios del estudio de movimientos y tiempos a todos los miembros de la empresa tiende a crear un mayor espíritu de cooperación entre los miembros del departamento de estudio de movimientos y tiempos y el resto de la empresa. En aquellos talleres donde no todos están familiarizados con el trabajo de este departamento y, especialmente, donde no se comprenden los principios de economía de movimientos, hay roces frecuentes con algunos encargados, supervisores, proyectistas de herramientas y otras personas cuando se ponen en marcha métodos nuevos. Esta oposición se debe, en gran parte, a la falta de comprensión de lo que se está haciendo y, posiblemente, también a que, los que están instalando los métodos nuevos, no consultan a otras personas relacionadas en el trabajo, a fin de que estas hagan alguna sugerencia.

No existe razón alguna para que todos los miembros de la empresa no estén constantemente alerta buscando métodos mejores para realizar un trabajo. Y, cuando está en estudio el perfeccionamiento de un trabajo determinado, todos aquellos que tienen alguna conexión con él deben poder contribuir con su aportación o, al menos, conocer por completo lo que se está llevando a cabo. La estrecha cooperación resultante de la instrucción de todos los miembros de la empresa en el uso de los estudios de movimientos es también un importante y valioso subproducto de dichos programas.

PROGRAMAS DE ENSEÑANZA DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MEDIDA DEL TRABAJO

Personas que conocen solo los principios elementales del estudio de movimientos pueden hacer sugerencias valiosas para el perfeccionamiento de los métodos. Por consiguiente, se puede justificar sobre esta base la enseñanza de los encargados y supervisores en este campo. No obstante, no se debe permitir fijar tiempos tipo nada más que a una persona bien instruida en los fundamentos del estudio de tiempos y que haya pasado un período de aprendizaje bajo las órdenes de un especialista experimentado en este campo. Las personas con solo un conocimiento superficial del estudio de tiempos no deben intentar hacerlos.

(5) Sobre simplificación del trabajo, véase "Supervisory Training in Work Simplification", de ALLAN H. MOGENSEN, *Industrial Engineering Handbook.* HAROLD B. MAYNARD (director de la edición), McGraw-Hill Book Co., N. York, 1956, páginas 8-213 a 8-218; "Work Simplification", de HERBERT F. GOODWIN. *Production Handbook,* 2.ª ed. (dirigida por GORDON B. CARSON), Ronald Press Co., Nueva York, 1958, págs. 14-1 a 14-35.

Programas de enseñanza de estudio de tiempos para jefes superiores y mandos intermedios.—Un programa de enseñanza del estudio de tiempos para jefes superiores y mandos intermedios no pretende conseguir que estas personas realicen estudios de tiempos con cronómetro. El propósito de dichos programas es más bien familializarlos con los métodos y procedimientos del estudio de tiempos para que puedan ayudar al departamento de estudio de tiempos en su tarea. Las principales razones por las cuales estos grupos deben conocer cómo se hacen los estudios de tiempos son:

1. Que el departamento de planificación y control comprenda mejor la importancia de una afluencia uniforme de piezas y materiales, de las especificaciones debidas, hacia los departamentos de proceso.
2. Que el departamento de conservación se dé cuenta de la importancia de conservar debidamente el equipo, a fin de que haya un mínimo de interrupciones en el funcionamiento de este.
3. Que el departamento de inspección especifique y conserve para cada producto una norma definida de calidad. Si las normas de calidad cambian con frecuencia no se pueden utilizar satisfactoriamente los tiempos tipo.
4. Que todas las ramas de la dirección estén alerta para informar al departamento de estudio de tiempos sobre cualquier cambio en los métodos, las herramientas, el equipo u otros factores que afectan el funcionamiento con primas por rendimiento. Cuando existen condiciones fuera del control del operario que afectan a una operación con primas por rendimiento, debe pasarse inmediatamente la tarea a jornal o que el departamento de estudio de tiempos haga un ajuste equitativo para que el operario pueda obtener las mismas ganancias que anteriormente.
5. Que estos grupos comprendan la importancia de hacer una anotación exacta del trabajo realizado, aplicando el tiempo tipo correcto (o el pago por piezas) para cada tarea. A cada operario se le ha de pagar el trabajo que produce, ni más ni menos.
6. Que todos los miembros de la empresa comprendan el procedimiento de valorar la velocidad del operario y conozcan el significado de la actuación normal.
7. Que el encargado mantenga la operación que se ha de cronometrar en funcionamiento uniforme antes de pedir que se le haga un estudio de tiempos.

Un caso específico.—En una fábrica del Oeste Medio de los Estados Unidos se ha llevado a cabo un programa de enseñanza de estudio de tiempos que se ha visto coronado por el éxito. El programa iba dedicado a la alta dirección, a encargados y supervisores y, como es un ejemplo típico de las fábricas de tamaño medio, se hará aquí una descripción con cierto detalle. Dicha fábrica tiene un departamento de estudio de tiempos bien organizado y se aplica un sistema de pago por piezas.

Tamaño de la organización: Una fábrica con, aproximadamente, 1.000 empleados, de los cuales el 60 por 100 son mujeres.

Producto: Línea completa de calzado de goma.

Plan de remuneración:

a) Tarifa base horaria establecida por valoración de la tarea.
b) Tiempos tipo fijados por estudio de tiempos.
c) Trabajo a destajo, con actuación normal igual a 100 por 100 de eficacia. Se garantiza la tarifa horaria diaria.

Grupos que reciben enseñanza:

Grupo 1.—Jefes superiores (6).
Grupo 2.—Todos los encargados: dos grupos de 7 personas cada uno.
Grupo 3.—Todos los supervisores: tres grupos de 5 personas cada uno.

NOTA.—Los miembros más modernos de los siguientes departamentos recibieron también esta instrucción: estudio de tiempos, planificación y control de la producción y nómina.

Las sesiones duraban aproximadamente una hora y media y se celebraban en días consecutivos; se presentó el mismo material a los tres grupos. Las tres sesiones del grupo 1 se terminaron antes de comenzar las del grupo 2 y estas se acabaron antes de empezar las sesiones del grupo 3. Todas las sesiones se celebraron durante la jornada de trabajo, ya fuera por la mañana o en las primeras horas de la tarde. Las reuniones se llevaron a cabo en la sala de conferencias de la fábrica, con un espacio amplio y con las instalaciones apropiadas para proyectar películas y enseñar diagramas.

El director de la fábrica estuvo presente en todas las sesiones del grupo 1 y presentó el programa a cada uno de los otros grupos. También estuvo presente a la conclusión de cada sesión de los grupos 2 y 3 y se aseguró de que cada encargado y supervisor había recibido una respuesta completa y satisfactoria a todas sus preguntas. De hecho, el mismo director estaba familiarizado con cada fase del estudio de

(6) El grupo directivo incluye el jefe de la fábrica, director administrativo, jefe químico, ingeniero jefe y jefes de los departamentos de planificación y control de la producción, jefe de contabilidad de costes y nómina, proyectista jefe y jefe del departamento de compras y sus ayudantes.

tiempos y totalmente convencido de que todos los miembros de la empresa deberían comprender los procedimientos expuestos. Animaba a los encargados y supervisores para que formularan preguntas sobre cualquier punto que no comprendieran por completo.

Las reuniones corrieron a cargo del jefe del departamento de estudio de tiempos, ayudado por el director de la fábrica. A continuación se da a conocer un bosquejo de las conferencias:

Primera sesión.

1. Exposición de los fines de la reunión por parte del director de la fábrica. Manifestación de los beneficios que la Compañía esperaba recibir de la reunión y de los que debían recibir los asistentes a las mismas. Bosquejo general de la materia a cubrir por las reuniones, por el jefe del departamento de estudio de tiempos.
2. Proyección de una película de 30 minutos, en la que se presentaba la totalidad del procedimiento de estudio de tiempos. Esta película mostraba, paso a paso, cómo se realiza un estudio de tiempos, incluyendo el cálculo del tiempo tipo final.
3. Discusión del *Manual de estudio de tiempos* de la Compañía, el cual se leía capítulo por capítulo, explicando cada uno de ellos mediante ejemplos concretos (véase Apéndice A).

Segunda sesión.—Continuación de la discusión del *Manual de estudio de tiempos.* Se traía a la sala de conferencias un trabajo de los que se realizaban en la fábrica y se hacía una demostración al grupo. Se pasaba a un diagrama de 1,22 × 2,44 m el estudio de tiempos de dicha tarea, realizado previamente (véase fig. 241), así como a una hoja de cálculos del mismo tamaño (véase fig. 243). Estos diagramas se colgaban en la sala de conferencias y servían para explicar la hoja de estudio de tiempos y la de cálculos. Esta explicación conducía al establecimiento final del tiempo tipo para la tarea y, luego, a la determinación del salario por piezas de la misma. Finalmente, se daba una explicación respecto a cómo se ponía en vigor el salario por piezas.

Tercera sesión.—La primera parte de esta sesión estaba dedicada a definir la *actuación normal del operario* en la fábrica. A continuación se enseñaba al grupo la película de medida de trabajo núm. 1, después de lo cual, cada persona valoraba 10 velocidades diferentes de andar, así como una película con diversas operaciones de fábrica. Había una discusión general sobre el significado de la *actuación 100 por 100* y se realzaba la importancia de los encargados y supervisores capaces de valorar exactamente la velocidad del operario.

Se discutía la relación entre las ganancias de los operarios y sus rendimientos por encima y por debajo de la actuación 100 por 100, así como el número de personas de las que se podía esperar que consiguieran rendimientos del 125 al 150 por 100 del normal. Se subrayaba la importancia de informar exactamente acerca del trabajo realizado.

Se pasó revista a la totalidad del procedimiento de estudio de tiempos para ver cómo afectaba a los encargados o supervisores del grupo en cuestión. Había un período de preguntas y discusiones en el que participaban el director de la fábrica y el jefe del departamento de estudio de tiempos.

Una vez acabadas las sesiones para los tres grupos, el director de la fábrica y el jefe del estudio de tiempos celebraban una conferencia de dos horas con el presidente del Sindicato y con el delegado sindical del taller. A estas personas se les exponía la misma materia, pero en forma condensada, siguiendo a esta sesión varios períodos de discusión.

Sesiones de complemento.

A esta serie de tres reuniones seguía cada mes una sesión de una hora para los grupos 2 y 3, en la cual se pasaba revista a los problemas en curso relacionados con los tiempos tipo y los salarios, dándose oportunidad, a todos los asistentes, de valorar operaciones de fábrica en películas cinematográficas, para las cuales había ya normas fijadas. También se valoraban operaciones que se estaban ejecutando en la fábrica.

La Compañía posee una cámara tomavistas, un proyector, una pantalla y equipo auxiliar para películas de 16 mm.

Enseñanza del estudio de tiempos para ingenieros de organización de varias fábricas de la misma empresa.—Aun en el caso de que el personal de estudio de tiempos haga una gran labor en una fábrica dada, si la Compañía dirige una serie de fábricas, es norma de buena política normalizar el procedimiento de estudio de tiempos para todas las fábricas. Esto es preferible especialmente si se ejecutan operaciones idénticas en dos o más fábricas, si el personal de estudio de tiempos se transfiere con frecuencia de una fábrica a otra, si se hacen comparaciones en el coste de la mano de obra de las fábricas y si se han de crear datos normalizados de la Compañía para utilizarlos con la mayor eficacia.

Es conveniente tener normalizados los procedimientos de estudios de tiempos, así como tener al personal de tiempos tan preparado que si todas las fábricas de la Compañía tuvieran que cronometrar simultánea e independientemente la misma operación, establecieran esencialmente el mismo tiempo tipo para la tarea. Como la normalización del procedimiento del estudio de tiempos y la enseñanza del mismo al personal es de importancia creciente, se presentará un caso prác-

tico para mostrar cómo se instruyó a un grupo de personal del estudio de tiempos en una Compañía.

Un caso específico.—El caso siguiente ilustra lo que se puede llevar a cabo mediante un intento sistemático para perfeccionar los procedimientos de estudio de tiempos. La Compañía a la que nos referimos tiene cinco fábricas en cuatro estados diferentes del Oeste Medio y emplea un total de unas 10.000 personas. Ha estado trabajando muchos años y ha utilizado ampliamente el estudio de tiempos en todas sus fábricas. Antes de la inauguración de las reuniones de estudio de tiempos, cada fábrica tenía su propio procedimiento de estudio de tiempos y casi no había ningún intercambio de información sobre esta cuestión entre las diferentes fábricas. Como podría esperarse, diferían los métodos de estudio, no eran iguales todos los impresos utilizados y había una variación considerable en los tiempos tipo correspondientes a trabajos idénticos ejecutados en fábricas diferentes.

La alta dirección había recibido quejas de los directores de las fábricas y del Sindicato obrero sobre la variación en los tiempos tipo, confirmándose estos puntos al hacer una investigación sobre el particular en todas las fábricas. La dirección se decidió a crear y normalizar los procedimientos de estudio de tiempos que mejor sirvieran a sus necesidades e inició un plan para que el mismo personal de estudio de tiempos pudiera resolver sus propios problemas bajo la dirección de un superior competente. El plan tomó la forma de reuniones de estudio de tiempos, de dos días de duración, que se celebraban cada dos meses aproximadamente.

A la primera sesión asistieron el jefe del Departamento de organización y dos o tres de sus ayudantes, de cada una de las cinco fábricas. Se describieron y sometieron a crítica los métodos de estudio de tiempos utilizados en cada fábrica. Cada uno presentó los problemas operativos diarios, pasando luego a la discusión. El grupo tomó el acuerdo de trabajar con el fin de conseguir un procedimiento normalizado, para adoptar los mejores métodos disponibles. Se diseñó un nuevo impreso de estudio de tiempos y se consideró el problema de la valoración de la actuación.

En sesiones sucesivas se discutieron los puntos siguientes: métodos de cronometraje, determinación y aplicación de los suplementos, tiempo de espera, perfeccionamiento del procedimiento de valoración de la actuación para la Compañía, estudio de tiempos comprendiendo todo el día, un *programa de perfeccionamiento de métodos* para los encargados de todas las fábricas, elaboración de datos normalizados para las operaciones comunes de todas las fábricas y otras cuestiones relacionadas.

La valoración de caminar, manejar naipes y el uso de películas de

operaciones de fábrica formaron parte de cada sesión. También, durante las reuniones tercera a séptima, se cronometraron varias operaciones que se estaban ejecutando en la fábrica. Cada analista hizo,

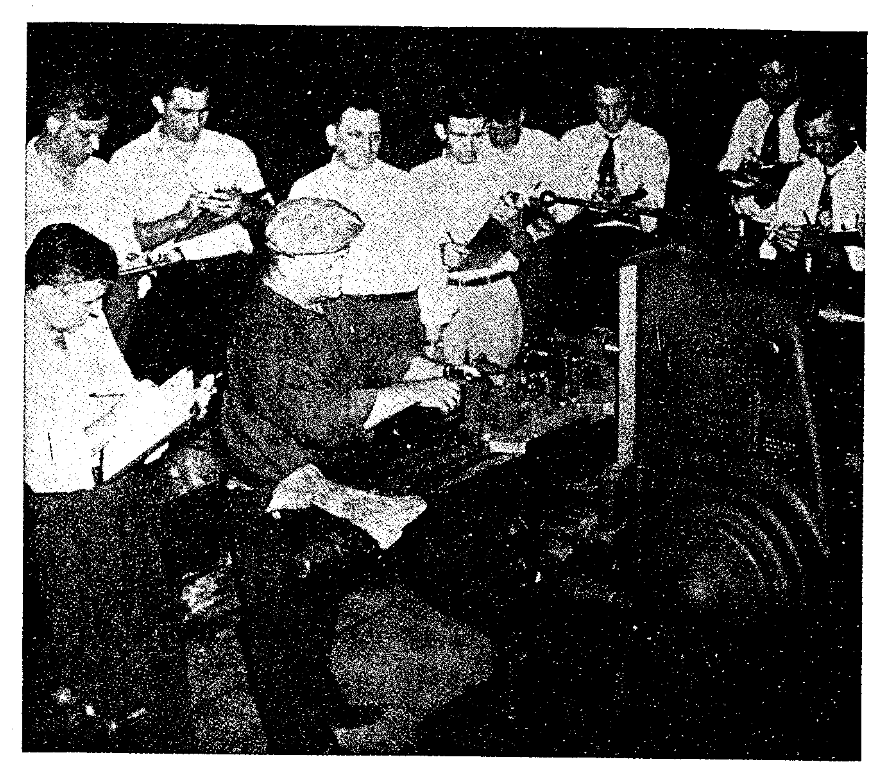


FIG. 319.—Grupo de observadores de tiempos haciendo un estudio simultáneo en el taller. El resultado de un estudio como el presente puede tabularse de una forma similar a la mostrada en la figura 320.

independientemente, un estudio de cada operación. Se le dio un tiempo suficientemente amplio para obtener sus datos y para determinar el tiempo tipo, de la misma forma en que lo hacía ordinariamente en su propia fábrica. Una vez terminados los estudios de tiempos, se sometieron al presidente de la reunión y se preparó un resumen similar al mostrado en la figura 320. Los estudios de tiempos fueron devueltos a los analistas para que los utilizaran en la discusión que siguió.

Una vez tabulados los datos de estudio de tiempos, el director de la reunión leyó los valores de cada uno de los siete, sin mencionar

a quién pertenecían los valores de estudio de tiempos leídos. Luego hubo una discusión general de las variaciones y la razón probable de las mismas. Terminada la discusión de un estudio concreto, los estudios de tiempos originales se entregaron de nuevo al director de la reunión. Más tarde se copiaron estos estudios, se cosieron y se entregó un juego completo de ellos a cada analista para su archivo.

HOJA DE RESULTADOS

Operación: Montaje de cadena

Información de Estudio de tiempos	Ingeniero de organización que hizo el estudio									Media
	A	B	C	D	E	F	6	H	I	
1. Número de elementos	9	7	9	10	9	8	11	8	13	9
2. Factor de valoración de la actuación	110	105	105	105	100	105	110	110	110	107
3. Suplemento personal en porcentaje	5	3	3	3	5	5	5	5	3	4
4. Suplemento por esperas en porcentaje	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
5. Suplemento por fatiga en porcentaje	2	4	2	5	5	2	3	4	3	3
6. Suplemento total en porcentaje	9	9	8	10	12	9	10	11	8	10
7. Tiempo tipo total en minutos	1,08	0,98	1,04	1,02	1,00	1,04	1,06	1,06	1,03	1,03

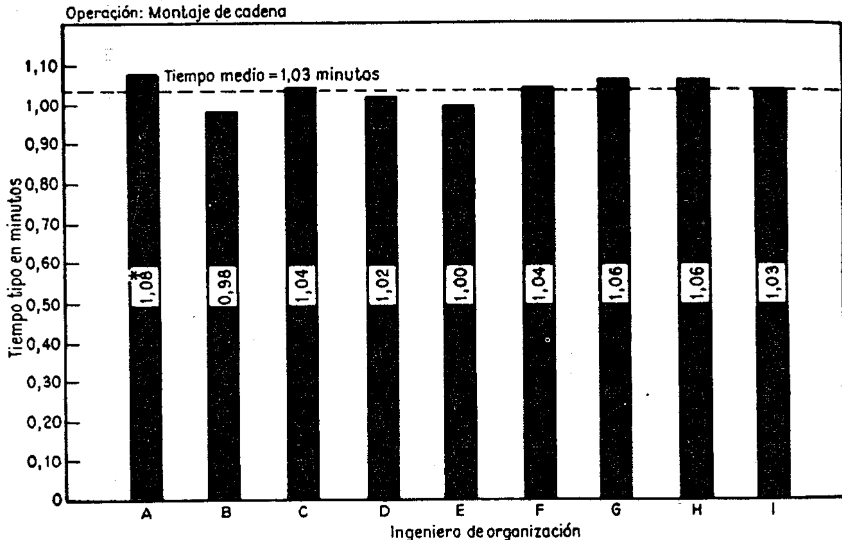


FIG. 320.—Tabla y diagrama de los resultados de un estudio de tiempos simultáneo, realizado por nueve ingenieros de organización, pertenecientes a cinco fábricas diferentes.

Varios factores contribuyeron al éxito del programa descrito anteriormente. Entre ellos, los siguientes parecen los más importantes:

1. La alta dirección simpatizaba con el programa y estaba decidida a que la Compañía utilizara la mejor técnica conocida de estudio de tiempos.
2. Para dirigir el programa se escogió a un hombre capaz (el adjunto al subdirector encargado de la producción). Su creencia era que, más bien que crear el programa en la oficina central,

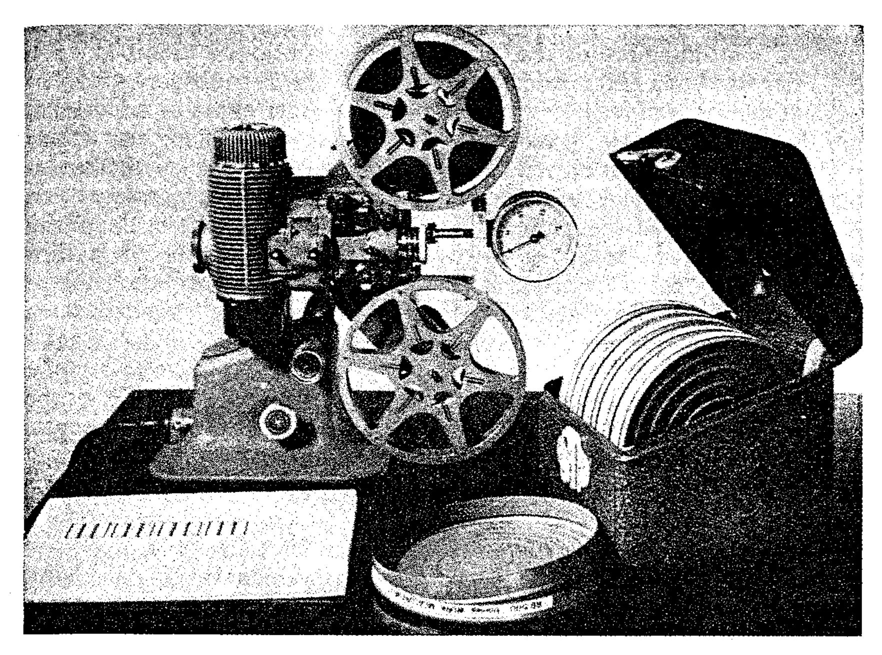


FIG. 321.—Proyector mudo (16 mm) con tacómetro adjunto. Este proyector sirve para presentar las películas de valoración y las de adiestramiento en estudio de tiempos.

el personal de estudio de tiempos de todas las fábricas debería ayudar a deducir los detalles del mismo. Se pensó que para todos sería muy valiosa la enseñanza que recibirían en el proceso de elaboración del nuevo procedimiento de estudio de tiempos.
3. Se hizo ver a los analistas la ventaja de tener un procedimiento de estudio de tiempos normalizado para todas las fábricas, y cada uno contribuyó al desarrollo de un sistema utilizable. Por sugerencia de las mismas personas dedicadas al estudio

de tiempos, se amplió el programa para incluir materias como la determinación de suplementos, análisis de tiempo perdido, creación de *un programa de perfeccionamiento de métodos para encargados y supervisores* y determinación de los datos normalizados para su utilización en todas las fábricas.

4. Los directores de fábrica y otros directivos de la empresa estaban interesados en los detalles del programa y se informaban del progreso que se iba haciendo. El director y subdirector de la empresa asistieron en diversas ocasiones a las reuniones de estudio de tiempos, tomando parte en ellas.
5. A continuación de cada sesión de estudio de tiempos se redactaba una Memoria que, reproducida a multicopista, servía como informe del progreso. Se enviaba una copia al subdirector, encargado de la producción y a otros directivos, así como a cada observador de tiempos. En dicha Memoria se incluía una copia de cada estudio de tiempos realizado (omitiendo el nombre de quien lo hizo), así como unas hojas de resumen similares a la de la figura 320. Estos informes los utilizó la dirección con éxito al discutir con el Sindicato la habilidad del personal de estudio de tiempos para determinar normas exactas, uniformes y equitativas.

Resultados de un estudio simultáneo de tiempos realizado por un grupo de personal dedicado al estudio de tiempos.—Se ha especulado mucho sobre la variación que se encontraría en los tiempos tipo fijados por un grupo de personas de estudio de tiempos a las que se encargase estudiar a la vez la misma operación.

En el curso de las reuniones de estudio de tiempos a que se ha hecho referencia, el personal de estudio de tiempos verificaba algunos de estos sobre las operaciones de fábrica que estaban en marcha (figura 319). Un operario experimentado ejecutaba la tarea y cada analista de tiempos efectuaba su estudio en la forma acostumbrada. La figura 320 muestra el resumen de uno de los mejores estudios de tiempos hechos por el grupo, en la séptima reunión de estudio de tiempos. La operación estudiada fue la de montaje de eslabones de cadenas. El observador *B* fijó un tiempo tipo bajo, de 0,98 minutos, mientras que el *A* lo fijó alto, en 1,08 minutos, para esta tarea. La media de los nueve observadores de tiempos fue de 1,03 minutos. El de *B* fue un 5 por 100 inferior, y el de *A*, un 5 por 100 superior a la media del grupo. Todos los tiempos tipo cayeron entre más o menos el 5 por 100 de la media del grupo. Aunque parece seguro que estos observadores progresarán todavía más en la fijación de tiempos tipo exactos y regulares, a medida que tengan más práctica y más experiencia, puede añadirse que el resultado presentado por este grupo (fig. 320) es tan bueno como el que

posiblemente se encontrará entre los observadores de tiempos en general. Estas personas trabajaban en cinco fábricas diferentes y solo dos de ellos habían visto la operación antes de estudiarla.

Se ha de observar igualmente que la media del factor de valoración de la actuación de los nueve hombres fue de 107 por 100. El observador *E* utilizó el factor más bajo, que fue 100 y los *A, G, H* e *I* usaron el factor más alto, de 110 por 100. El de *E* era un 7 por 100 menor y los de *A, G, H* e *I*, un 3 por 100 mayor.

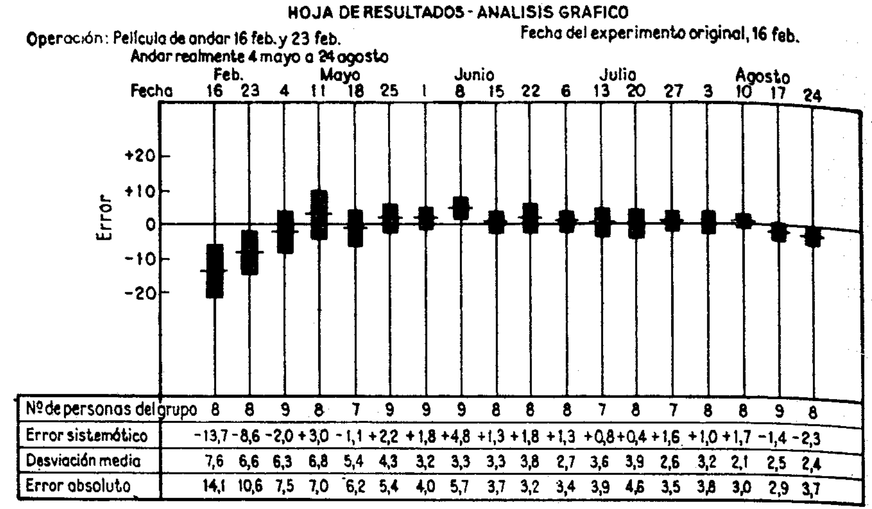
Los suplementos totales variaron desde un 8 a un 12 por 100, con una media del 10 por 100.

Entrenamiento en la valoración de la actuación del operario.—La práctica de valorar la acción de andar o de echar cartas sirve para mostrar la importancia de la valoración de la actuación en el trabajo de estudio de tiempos. Estos estudios de valoración pueden incluirse en todos los programas de enseñanza de estudios de tiempos, siendo también excelentes para instruir a observadores de tiempos principiantes y para perfeccionar la capacidad de los ingenieros de organización experimentados. Como en la industria se utiliza tanto la valoración de las acciones de andar y de echar cartas, en las páginas 708-714, se hacen sugerencias para realizar estudios de valoración sobre estas dos actividades.

Se recomienda igualmente la valoración de otras operaciones sencillas, como la de llenar el tablero de clavijas (véanse figs. 86 y 87), arrojar tacos y montar piezas pequeñas. Para fines de valoración puede hacerse una película de una operación de fábrica, pegarla luego convenientemente para formar un rollo continuo y proyectarla a velocidad constante.

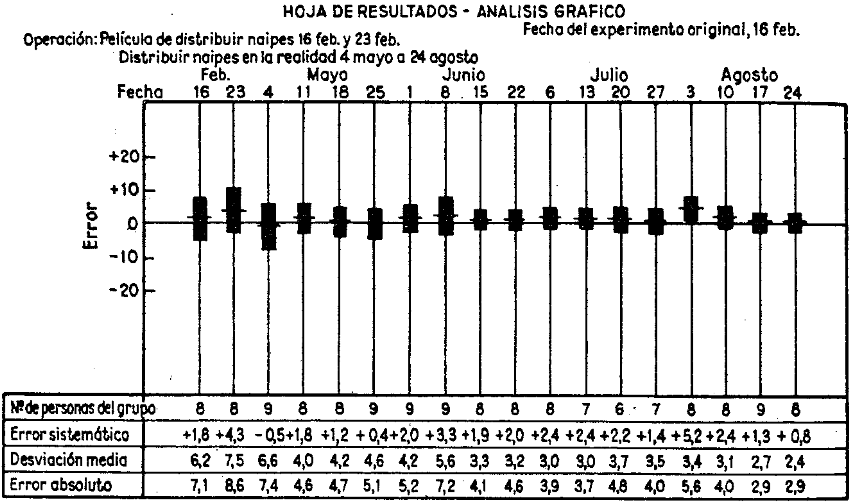
Se hace un uso considerable de películas preparadas en esta forma, con fines de valoración y de enseñanza de estudio de tiempos. Se pueden hacer igualmente estudios de tiempos con cronómetro de las operaciones de la pantalla y luego establecer los tiempos tipo. Algunas Compañías tienen un archivo de películas para fines de enseñanza y para servir de normas de sus operaciones importantes. La figura 215 muestra una cámara tomavistas accionada por motor para hacer esta clase de películas, y la figura 321, un proyector de 16 mm equipado con tacómetro.

Efecto de la práctica en la exactitud de la valoración.—A fin de medir las variaciones en las valoraciones hechas por observadores de tiempos experimentados, Eli Lilly and Company repitió cada semana, durante cuatro meses, el estudio de las actividades de andar y de echar cartas. En las figuras 322 y 323 se muestran los resultados que a continuación se expresan: el error sistemático obtenido en la actividad



Fecha	16	23	4	11	18	25	1	8	15	22	6	13	20	27	3	10	17	24
Nº de personas del grupo	8	8	9	8	7	9	9	9	8	8	8	7	8	7	8	8	9	8
Error sistemático	-13,7	-8,6	-2,0	+3,0	-1,1	+2,2	+1,8	+4,8	+1,3	+1,8	+1,3	+0,8	+0,4	+1,6	+1,0	+1,7	-1,4	-2,3
Desviación media	7,6	6,6	6,3	6,8	5,4	4,3	3,2	3,3	3,3	3,8	2,7	3,6	3,9	2,6	3,2	2,1	2,5	2,4
Error absoluto	14,1	10,6	7,5	7,0	6,2	5,4	4,0	5,7	3,7	3,2	3,4	3,9	4,6	3,5	3,8	3,0	2,9	3,7

FIG. 322.—Diagrama que muestra la mejora conseguida en la valoración a lo largo de un período de cuatro meses. Este grupo de observadores de tiempos valoró la película de la actividad de andar, el 16 y el 23 de febrero y, luego, la misma operación tomada directamente de la realidad, durante el período restante. Estudio realizado en el departamento de métodos y normas, de Eli Lilly & Co.



Fecha	16	23	4	11	18	25	1	8	15	22	6	13	20	27	3	10	17	24
Nº de personas del grupo	8	8	9	8	8	9	9	9	8	8	8	7	6	7	8	8	9	8
Error sistemático	+1,8	+4,3	-0,5	+1,8	+1,2	+0,4	+2,0	+3,3	+1,9	+2,0	+2,4	+2,4	+2,2	+1,4	+5,2	+2,4	+1,3	+0,8
Desviación media	6,2	7,5	6,6	4,0	4,2	4,6	4,2	5,6	3,3	3,2	3,0	3,0	3,7	3,5	3,4	3,1	2,7	2,4
Error absoluto	7,1	8,6	7,4	4,6	4,7	5,1	5,2	7,2	4,1	4,6	3,9	3,7	4,8	4,0	5,6	4,0	2,9	2,9

FIG. 323.—Diagrama que muestra la mejora conseguida en la valoración a lo largo de un período de cuatro meses. Este grupo de observadores de tiempos valoró la película de la actividad de distribuir naipes, el 16 y el 23 de febrero y, luego, la misma operación, tomada directamente de la realidad, durante el período restante. Estudio realizado por el departamento de métodos y normas, de Eli Lilly & Co.

de andar se redujo de —13,7 a —2,3, y la desviación media, de 7,6 a 2,4; para la operación de echar cartas el error sistemático se redujo de + 1,80 a + 0,8, y la desviación media, de 6,2 a 2,4.

Acerca del adiestramiento para valorar la actuación pueden hacerse las siguientes observaciones (7):

1. Puede perfeccionarse la exactitud y uniformidad de una persona en la valoración de actuaciones merced a una preparación apropiada.
2. Una persona puede valorar con más exactitud las actuaciones más próximas a la normal. Existe cierta tendencia a valorar demasiado alto velocidades de trabajo lentas y demasiado bajo velocidades de trabajo considerablemente superiores a la normal.
3. En trabajo sencillo (movimientos libres y no restringidos), una persona puede valorar con la misma exactitud una operación proyectada sobre la pantalla que vista en la realidad.
4. Las películas son muy valiosas para enseñar a las personas a valorar actuaciones (8). Pueden utilizarse igualmente para familiarizar a la alta dirección, encargados, inspectores y obreros con la técnica del estudio de tiempos. Para servir de normas en el estudio de tiempos en la fábrica, se puede tener un archivo de películas, en las que se muestre a los obreros trabajando a una marcha normal y a velocidades conocidas por encima y por debajo de la normal.
5. Para que un departamento de estudio de tiempos funcione satisfactoriamente, se necesita la organización periódica, dentro de la Compañía, de reuniones de estudio de tiempos en las cuales se discutan todas las fases de la práctica del estudio de tiempos. Una parte de estas conferencias se debe dedicar a realizar estudios simultáneos de tiempos de operaciones que se están ejecutando en la fábrica.

---

(7) RALPH M. BARNES: *Work Measurement Manual,* 4.ª edición, págs. 91-158; y también, R. G. CARSON, JR.: "Consistency in Speed Rating", *Journal of Industrial Engineering,* vol. 5, núm. 1, págs. 14-17.

(8) Un estudio de 82 empresas mostró que el 76 por 100 de ellas emplea películas y el 32 por 100 estudios simultáneos de tiempos, con el fin de comprobar la capacidad de sus analistas de tiempos en valorar la actuación. Según el mismo estudio, estas empresas han organizado cursos sobre estudio de tiempos, datos elementales o tiempos predeterminados, de la forma siguiente: el 84 por 100 de ellas las dirigen a supervisores y mandos intermedios, el 20 por 100 a obreros, el 18 por 100 a administrativos, y el 38 por 100 a delegados y representantes sindicales. *Industrial Engineering Survey,* Universidad de California, 1963.

CAPITULO XXXVII

FORMACION DEL OPERARIO Y EFECTOS DE LA PRACTICA

No se trata aquí de discutir el amplio campo de la formación del operario, sino más bien de presentar algunos métodos específicos que han resultado de utilidad para enseñar a los operarios a hacer una tarea particular. Generalmente, esta enseñanza corre a cargo de los supervisores, aunque el analista de estudio de tiempos o un instructor especial pueden tomar este trabajo a su cargo.

Aunque con frecuencia nos hemos imaginado grupos grandes de obreros dedicados a ejecutar idénticas operaciones rutinarias durante largos períodos de tiempo, en realidad no es esta la situación típica ni siquiera en las fábricas grandes. Normalmente, el obrero no solo ejecuta muchas operaciones diferentes en el curso del mes, sino que, con los cambios constantes de métodos, con el perfeccionamiento de los materiales y con la rápida introducción de nuevos modelos, hay una sucesión sin fin de tareas nuevas que ha de aprender. Parece que el obrero de la actualidad, más que ningún otro de épocas pasadas, es capaz de realizar una variedad de trabajos, lo que tiende a aumentar la cantidad de adiestramiento requerido en la industria.

Métodos de aprendizaje en operaciones sencillas.—El mejor método imaginable para hacer una tarea sirve de poco, a no ser que el operario pueda hacer y haga el trabajo en la forma prescrita. Cuando no hay más que una persona o muy pocas dedicadas a realizar una tarea dada o el trabajo es relativamente sencillo, la hoja de instrucciones corriente es una guía excelente para formar al operario. También en trabajos de habilidad media, en donde el obrero está familiarizado con la operación de la máquina, pero necesita instrucciones para la ejecución de operaciones particulares, resulta satisfactoria la hoja de instrucciones. Por ejemplo la representada en la figura 324 no solo da la descripción de los elementos requeridos para tornear el engranaje, sino que el esquema de la parte superior de la hoja muestra la situación exacta de las herramientas y piezas que se han de labrar. Se incluye también el valor del tiempo para cada elemento, así como el tiempo tipo total de la operación.

Cuando el trabajo es manual en su totalidad, son valiosas las instrucciones preparadas en el diagrama de operación mostrado en la

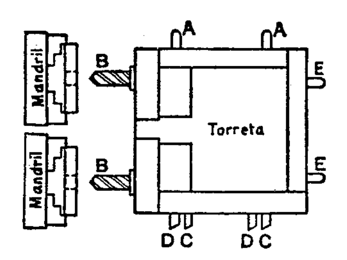
HOJA DE INSTRUCCIONES

Nombre pieza: Engranaje recto Caso D
Nombre operación: Taladrar y desbastar un lado y $^3/_4$ del diámetro exterior

Cliente: Amer. Tool C.
Pieza. núm.: 1073 A-F
Operación núm.: 5 TR.

Depart.: 11 *Máquina:* 58 *Nombre máquina:* Jones & Lamson
Realizado por S. R. K. *Aprobado por* S. M. *Fecha:* 7-9-47 *Material:* SAE2315

Disposición herramientas



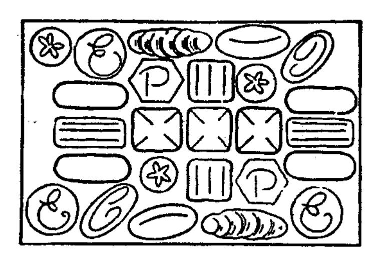
Tiempos de preparación:
Preparación nueva . . 60,00
Cambio de tamaño . . 30,00

Núm.	Procedimiento	Herramientas, plantillas, etc.	Velocidad: Instalación	Velocidad: Metros/min.	Avance: Instalación	Avance: mm/revol.	Tiempo base	
1	Coger dos piezas y sujetar en mandril	......	......	......	......	......	......	0,12
2	Poner en marcha máquina y asegurar (si fuera necesario)	......	......	......	......	......	......	0,10
3	Cambiar velocidad	......	......	......	......	......	......	0,03
4	Avanzar torreta y enganchar avance	......	......	......	......	......	......	0,06
5	*Desbastar diám. ext.*	A. Her. 19,1×31,7 mm.	......	21	71	0,35	......	*2,32*
6	Apartar torreta y graduar.	......	......	......	......	......	......	0,07
7	Avanzar torreta, poner cabezal, enganchar avance y cambiar velocidad	......	......	......	......	......	......	0,12
8	*Taladrar*	B. Brocas 30,1 mm.	......	18	71	0,35	......	*0,58*
9	Apartar torreta y graduar.	......	......	......	......	......	......	0,07
10	Avanzar torreta y cerrar.	......	......	......	......	......	......	0,08
11	Avanzar cabezal, cambiar veloc. y enganchar avance.	......	......	......	......	......	......	0,08
12	*Refrentar en basto un lado.*	C. Her. 19,1×31,7 mm.	......	21	71	0,35	......	*1,65*
13	*Refrentar en basto el cubo.*	D. Her. 19,1×31,7 mm.	......	9	71	0,35	......	......
14	Aflojar, retroceder y graduar torreta	......	......	......	......	......	......	0,07
15	Avanzar torreta y colocar cabezal	......	......	......	......	......	......	0,09
16	*Biselar reborde interior*	E. Her. form. 19,1 × 31,7 mm.	......	21	Mano	......	......	0,10
17	Avanzar cabezal	......	......	......	......	......	......	0,06
18	*Biselar cubo*	F. Her. fom. 19,1 × 31,7 mm.	......	9	Mano	......	......	0,10
19	Apartar torreta y graduar.	......	......	......	......	......	......	0,07
20	Preparar cabezal	......	......	......	......	......	......	0,12
21	Parar máquina	......	......	......	......	......	......	0,03
22	Aflojar y quitar dos piezas.	......	......	......	......	......	......	0,10
	Tiempo total manipulación dos piezas	......	......	......	......	......	......	*1,47*
	Tiempo total maquinado dos piezas	......	......	......	......	......	......	*4,55*
	Tiempo base total dos piezas	......	......	......	......	......	......	*6,02*
	Tiempo base total una pieza	......	......	......	......	......	......	*3,01*
	Suplemento 10 %	......	......	......	......	......	......	*0,30*
	Tiempo tipo en min. pieza.	......	......	......	......	......	......	*3,31*

FIG. 324.—Hoja de instrucciones para una operación de torno revólver. Tamaño 21 × 28 cm.

CAJA DE 225 G. CON CINTA AZUL (PESTAÑA). Núm. de la lista 4623-12

Moldes	Núm. unidad	Nombres	Moldes	Núm. unidad	Nombres
Redondo	203	Bombón frambuesa.	Redondo	376	Caramelos del Brasil.
»	204	Bombón albaricoque.	»	392	Almendrado.
»	221	Crema de fresa.	»	393	Caramelo de vainilla.
»	275	Crema de café.	»	394	Bocadito de mazapán.
»	371	Mazapán de naranja.	»	396	Pasta tosca.



Líneas gruesas = Unidades con molde.

Dar el peso con bombones auxiliares, uno de peso menor al del último chocolate.
Si falta peso, añadir: 1 almendrado, o 1 bombón de albaricoque.
Si excede al peso, quitar: 1 bombón de albaricoque.

	Núm.		Pat. núm.	Pat. núm.
Forros (centro) (calado).	1	340 × 175	Con forma	8795
Forros (extremos)	2	124 × 75	3226	8796
Papel superior	1	172 × 122	......	4990
Idem íd. Mercancía de almacén núm. 04990. Para usarlo primero.				
Moldes (redondo)	25	....	......	3569
Envolver	1	376 × 282	2716	142
Envoltura pegada al fondo, extremos plegados y unidos al fondo.				
Impreso clave de identificación...	1	222 × 175	......	5070

Recortes-castaño.
Rellenado de impresos de identificación.
Sello de presión rasgable (mercancía de almacén núm. 2878) en el ángulo superior izquierdo de la envoltura.
Envoltorio (mercancía almacenada núm. 8666) azul y plata. Dibujo E, para utilizar cuando se haya despachado el material núm. 08666 del almacén.

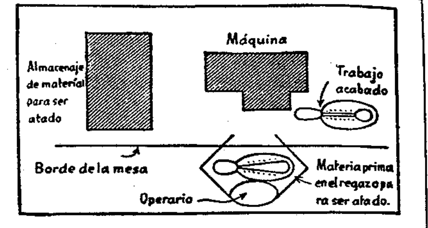
MOLDES

Mercancía almacenada núm. 08666. Impresión azul sobre plata.
Símbolo núm. F. 136.
Núm. exterior R976. Empaquetadora, 1/4 de docena.
Cordel de atado exterior sencillo.
Oficina de nuevos diseños.

Ancho del rollo 3" para pasta tosca, bocaditos de mazapán y crema de fresa.
El primer paquete se enviará a la oficina de inspección.
Enviado a la oficina de inspección desde la oficina de nuevos diseños.

FIG 325.—Hoja de instrucciones para empaquetar chocolates. Tamaño 21 × 28 cm.

OPERACIÓN: Atado.
TIPOS: L. T. T.-S. U.
DETALLE: 1 eje.
MÁQUINA: Máquina de enlazar.
CÓDIGO: Núm. 52.



Esquema de la distribución.



Coger así la pala siguiente, el dedo índice de la mano izquierda entre los bordes de los ojetes.



Elevar la pala con la mano izquierda, introduciendo en la parte superior del zapato los dedos medio, anular y meñique. Introducir el dedo índice de la mano izquierda entre los bordes de los ojetes.



Alinear los bordes de los ojetes moviendo las manos en direcciones opuestas y uniendo los bordes.



Coger con el pulgar e índice de la mano derecha el extremo superior de los bordes de los ojetes. Sacar de entre los bordes de los ojetes el dedo índice de la mano izquierda y coger así los bordes.



Poner el quinto ojete en posición sobre el eje.



Aproximar la pala al eje.



Pisar el pedal para poner la máquina en marcha y mover los dedos a esta posición.



Sostener la pala mientras se enlaza. Cuando sale automáticamente el eje, se mueve la pala hacia arriba y ligeramente hacia la derecha, mientras la máquina anuda y corta el hilo. El enlazado de la pala se termina en esta posición.



Llevar la pala acabada a una posición sobre el montón de palas acabadas.



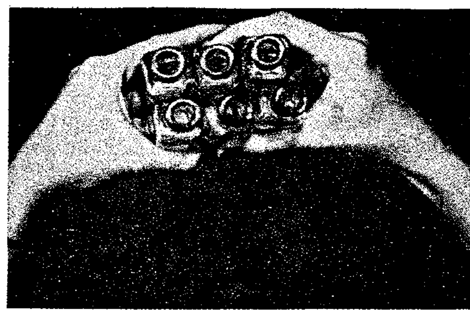
Colocar la pala acabada sobre el montón.

Repetir el ciclo.

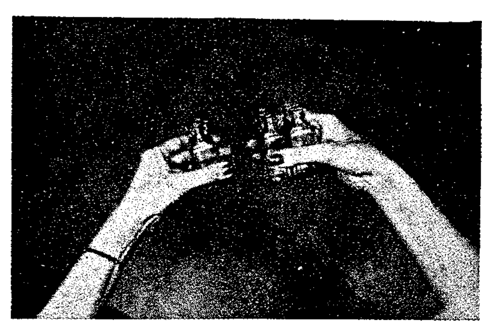
FIG. 326.—Hoja de instrucciones ilustrada para el atado de zapatos de tenis.



1. Coger frascos (2 filas de 3). Coger 6 frascos (2 en la mano izquierda, 4 en la derecha). Pulgares hacia el operario y demás dedos hacia el lado opuesto.



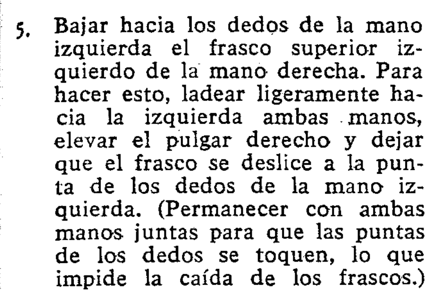
2. Inspeccionar los cuellos. Ladear los cuellos ligeramente para que la luz muestre los defectos.



3. Separar los frascos. Separar los frascos de forma que la mano izquierda sostenga 2 frascos y la derecha 4.

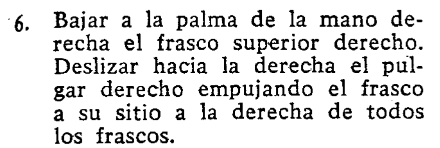


4 Girar hacia la izquierda la muñeca izquierda con la palma de la mano hacia arriba. A la vez, echar hacia la izquierda el pulgar izquierdo para que el frasco superior caiga en su sitio a la izquierda del frasco inferior. Esto hace que se coloquen en la palma los dos frascos dispuestos para la inspección. Utilizar el pulgar izquierdo como tope.

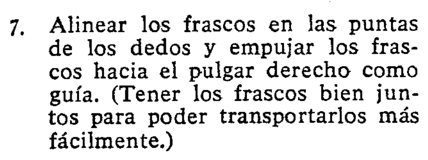


5. Bajar hacia los dedos de la mano izquierda el frasco superior izquierdo de la mano derecha. Para hacer esto, ladear ligeramente hacia la izquierda ambas manos, elevar el pulgar derecho y dejar que el frasco se deslice a la punta de los dedos de la mano izquierda. (Permanecer con ambas manos juntas para que las puntas de los dedos se toquen, lo que impide la caída de los frascos.)

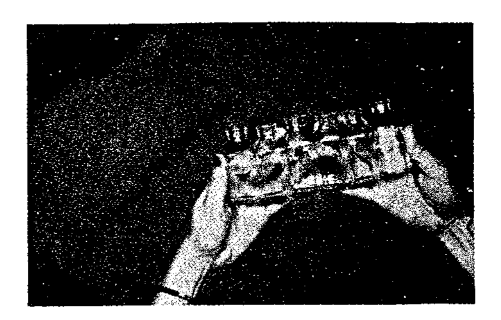


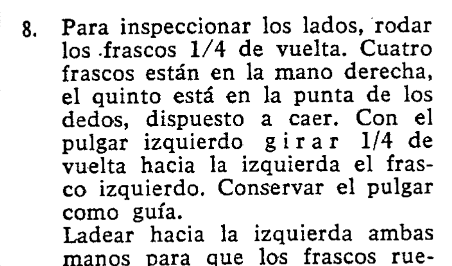


6. Bajar a la palma de la mano derecha el frasco superior derecho. Deslizar hacia la derecha el pulgar derecho empujando el frasco a su sitio a la derecha de todos los frascos.

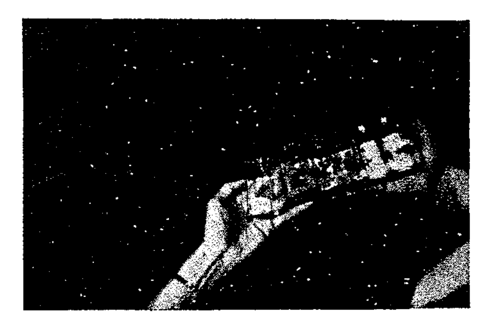


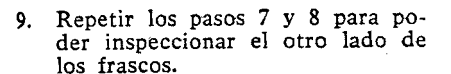
7. Alinear los frascos en las puntas de los dedos y empujar los frascos hacia el pulgar derecho como guía. (Tener los frascos bien juntos para poder transportarlos más fácilmente.)



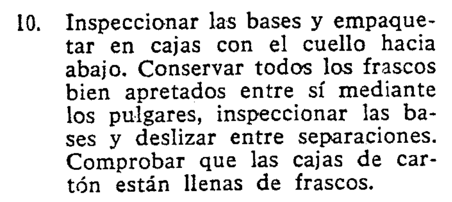


8. Para inspeccionar los lados, rodar los frascos 1/4 de vuelta. Cuatro frascos están en la mano derecha, el quinto está en la punta de los dedos, dispuesto a caer. Con el pulgar izquierdo girar 1/4 de vuelta hacia la izquierda el frasco izquierdo. Conservar el pulgar como guía. Ladear hacia la izquierda ambas manos para que los frascos rueden 1/4 de vuelta de uno en uno.





9. Repetir los pasos 7 y 8 para poder inspeccionar el otro lado de los frascos.



10. Inspeccionar las bases y empaquetar en cajas con el cuello hacia abajo. Conservar todos los frascos bien apretados entre sí mediante los pulgares, inspeccionar las bases y deslizar entre separaciones. Comprobar que las cajas de cartón están llenas de frascos.

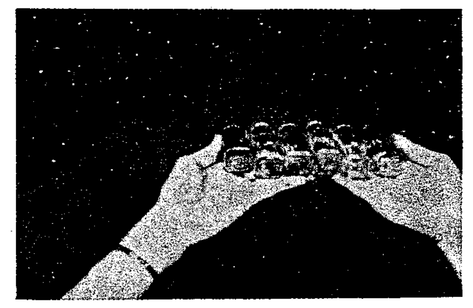


FIG. 327.—Hoja de instrucciones ilustrada para la inspección de frascos. (franceses, de 30 gramos.) Armstrong Cork Company, Millville Plant.

figura 70, ya que indican exactamente cuáles son los movimientos necesarios de las manos, así como la disposición del lugar de trabajo.

A continuación se presenta otro caso de una fábrica de chocolates. Cuando se ha de empaquetar en una caja nueva o se trata de un surtido nuevo de chocolates, se determina el modelo, para que luego se ajusten los operarios a este patrón. El procedimiento de costumbre era el de enviar al supervisor un paquete de muestra junto con la orden de empaquetado. Frecuentemente, esta orden primera era de urgencia, y se ponían varios operarios a empaquetar inmediatamente. Para que los operarios comenzaran el trabajo, el supervisor tenía que empaquetar una caja de muestra para cada uno de ellos, teniendo generalmente a los obreros a su alrededor esperando a que terminara. El uso de una hoja de instrucciones como la representada en la figura 325, preparada de antemano y reproducida en multicopista, ha eliminado el tiempo de espera de los operarios y les ha permitido alcanzar la velocidad de empaquetado normal en un período de tiempo muy corto.

Hojas de instrucciones ilustradas.—El uso de fotografías junto con las instrucciones escritas, como se muestra en las figuras 326 y 327, ha resultado muy eficaz para ayudar al instructor en la enseñanza de los operarios de una fábrica de calzados de goma (1) y a los de una de vidrio.

Una vez hechos los frascos, es necesario inspeccionarlos en busca de defectos. Se necesita bastante tiempo y maña para aprender a manipular e inspeccionar los frascos. La hoja de instrucciones mostrada en la figura 327 fue creada por el departamento de enseñanza de la Armstrong Cork Company para mostrar los puntos clave. La hoja de instrucciones viene completada por una película en la que se ve a un operario experimentado inspeccionando los frascos. Se incluyen varios tamaños y formas diferentes de frascos y se usan algunos pasajes con cámara lenta para ilustrar la posición de las manos al coger y dar vueltas a los frascos.

Parece que gran parte de la habilidad necesaria para hacer algunas clases de trabajos manuales radica en la forma exacta en que se ejecutan ciertos movimientos, especialmente coger, sostener, poner en posición y dejar en posición. Parece que los movimientos de transporte y uso requieren menos atención y se enseñan más fácilmente. En otras palabras: es más útil enseñar al operario cómo ha de coger el objeto antes de moverlo y cómo ha de ponerlo en posición antes de soltarlo que mostrarle el transporte y movimiento del objeto.

Otro ejemplo de la utilidad de las fotografías es el dado en las figuras 141 y 142, en las que se muestra cómo coge la plegadera la operaria y cómo la pone en posición antes de empezar a plegar el papel.

(1) A. WILLIAMS: "Teach It with Pictures", *Factory Management and Maintenance*, vol. XCIV, núm. 12, págs. 50-51.

Enseñanza de los operarios de montaje.—A continuación se da una descripción detallada del procedimiento seguido en la enseñanza de un grupo de diez operarios para ejecutar una operación de montaje de ciclo corto. Esta operación consistía en unir cuatro piezas pequeñas utilizando tanto las manos como los ojos. La figura 328 es un dibujo del mecanismo montado. La operación nueva es una com-

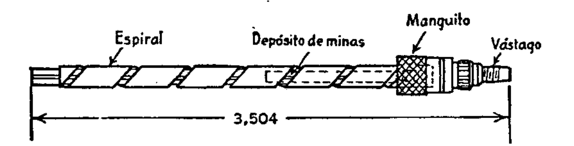


FIG. 328.—Mecanismo montado.



FIG. 329.—Operación de montaje de mecanismos; disposición del lugar de trabajo.

binación de dos operaciones antiguas, a las que nos referiremos como operaciones anuladas. La figura 329 muestra la disposición del lugar de trabajo. El único equipo especial necesario es una placa de acero con un bloque pequeño en V para sostener el depósito de las minas mientras se le coloca en el vástago del montaje.

El método perfeccionado se debe a L. F. Youde, y ahorró más de 13000 hombres-hora de trabajo directo al año. El mismo describe (2) de la siguiente forma el procedimiento de enseñanza:

Después de hecho el bloque en V para la operación nueva, el analista de estudio de movimientos procedió a ponerla en ejecución, en el laboratorio de métodos, por un período de cuatro horas. El ensayo se hizo por las razones siguientes: 1) Para probar el equipo y eliminar cualquier defecto que se observara. Esto es muy importante, porque se debe probar el equipo totalmente antes de comenzar el aprendizaje de un operario. 2) Para comprobar los movimientos y establecer un tiempo tipo sintético para la operación, partiendo de datos normalizados. 3) Para asegurarse de que el analista de estudio de movimientos que iba a actuar de instructor era capaz de ejecutar la operación nueva con los movimientos correctos.

Para enseñar al primer operario a hacer la nueva tarea se utilizó el procedimiento descrito a continuación:

1) Se le mostró y explicó en términos generales la nueva operación. Como el operario había estado trabajando en una de las operaciones anuladas, se le dijo que se estaba combinando su tarea antigua con otra para hacer una operación más eficaz. Se le dijo igualmente que el cambio formaba parte del programa regular de perfeccionamiento de los métodos. Como ejemplos de este programa se le hicieron observar otras operaciones de su departamento que habían sido perfeccionadas. No fue necesario decirle dónde se utilizaba el montaje porque el operario había estado trabajando en una de las operaciones anuladas.

2) Se le dio a conocer el valor del tiempo tipo de la operación nueva y se le dijo que se le remuneraría por piezas después del período de aprendizaje.

3) El instructor, teniendo al operario en pie y ligeramente a su izquierda y detrás, realizó la operación de la siguiente manera:

a) Durante 20 ciclos, ejecutó rápidamente la operación, para dar al operario una visión de conjunto de la nueva tarea.

b) Durante 20 ciclos, ejecutó la tarea lentamente, a fin de que el operario se diera cuenta de los *coger* y *colocar* de la operación y de la mano que los ejecutaba.

c) Durante 10 ciclos explicó y ejecutó lentamente cada uno de los *coger* y *colocar* de la operación. La explicación consistía en decirle al operario dónde se utilizaban los ojos, qué dedos se usaban para coger las diferentes piezas y cómo se agrupaban las piezas. Al realizar los 10 ciclos se repetía cada explicación 10 veces. Esta repetición ayudaba al operario a retener mejor las instrucciones de lo que hubiera podido si solo se hubiese explicado un ciclo.

4) Se sentó al operario en el lugar de trabajo y se le pidió que ejecutara la operación lentamente durante el primero o dos primeros días. Se le dijo que al principio la producción no era de importancia; que era más importante que aprendiera el método correcto y que la velocidad ya vendría después.

5) Se le dijo entonces que comenzara a realizar la operación, comprobándose su actuación, en cuanto a la corrección de los movimientos, de la siguiente manera:

a) El instructor observaba al operario durante sus diez minutos primeros de tarea, para asegurarse de que había comprendido bien y para corregir cualquier error muy evidente.

b) Se permitía al operario trabajar durante una hora para familiarizarse con la operación y sus partes.

c) Durante el resto del primer día de trabajo, el instructor efectuaba una comprobación cada hora para cambiar cualquier movimiento incorrecto, antes que se formara hábito.

d) Durante los días segundo y tercero, el instructor comprobaba al operario una vez cada dos horas.

e) Durante el resto del tiempo, hasta que el operario llegaba al tiempo tipo y se le ponía a trabajar por piezas, el instructor hacía dos comprobaciones al día. La cantidad de comprobación variaba entre los diferentes operarios sujetos a aprendizaje en la nueva operación. La figura 330 muestra la curva de aprendizaje del primer operario en esta tarea.

(2) L. F. YOUDE: *A Study of the Training Time for Two Repetitive Operations.* Tesis. Universidad de Iowa, 1947.

A los otros operarios se les enseñó de la misma forma que al primero, excepto que su aprendizaje se hizo en la fábrica en lugar de hacerse en el laboratorio de métodos.

Enseñanza de métodos en las operaciones complejas.—Hay algunas operaciones que son de naturaleza compleja y el operario puede necesitar una habilidad considerable para ejecutarlas satisfactoriamente. Para este tipo de trabajo se necesitará por lo común un período de aprendizaje mucho más largo que el necesario para operaciones sencillas.

Cuando hay un grupo grande de empleados dedicados a esta clase de trabajo se puede organizar un programa de aprendizaje más detallado. En estas condiciones, algunas Compañías consideran provechoso establecer un departamento de aprendizaje separado de los departamentos de producción regulares.

Con más de 100 empleados dedicados a la operación en torno semiautomático descrita en el Capítulo IV, la Compañía estableció una escuela especial de aprendizaje para los nuevos operarios que se dedicaran a este trabajo. Mientras que anteriormente se necesitaban seis meses para enseñar a estos operarios, solo se requieren de seis a ocho semanas en la actualidad.

Otro caso (3) de aprendizaje de grupo en operaciones complejas lo constituye el de L. P. Persing, de los talleres de Fort Wayne, de la General Electric Company, que inspeccionó la enseñanza de 200 operarios nuevos que entraron para un trabajo urgente de montaje de un

(3) L. P. PERSING: "Motion Study-The Teacher", *Factory and Industrial Management*, vol. LXXXIII, núm. 9, págs. 337-340.

gran número de piezas extremadamente delicadas, necesarias para la fabricación de contadores eléctricos.

La totalidad del proceso de montaje se dividió en montajes pequeños, que se estudiaron a fin de determinar la mejor manera de hacer dichos submontajes. Se construyeron bandejas especiales, dispositivos de fijación y herramientas combinadas para los sitios en donde se necesitaban y se dispuso correctamente el lugar de trabajo. El instructor enseñó entonces el nuevo método a un operario y cuando este adquirió soltura, se hizo una película de sus movimientos para utilizarla en la instrucción de los demás.

Resultó posible enseñar a 18 a la vez. La instrucción de este grupo se llevó a cabo de la siguiente manera: en el laboratorio de estudio de movimientos se instalaron de forma absolutamente igual 18 juegos de bandejas y herramientas (véase fig. 19, cap. VI). Se sentaron todos los operarios enfrente de estas mesas, de cara a la pantalla cinematográfica situada en el frente de la sala. Se dio una explicación general de la operación y se expusieron las instrucciones oportunas sobre el cuidado en la manipulación de las piezas, a fin de no enredar el acabado y no averiar las piezas delicadas durante el montaje. A continuación se procedió a proyectar la película varias veces, tanto hacia adelante como hacia atrás y a velocidades reducidas para que los operarios nuevos pudieran ver la forma correcta de hacer el trabajo. Haciendo funcionar el proyector a una velocidad muy pequeña el instructor señalaba la forma correcta de coger, llevar, poner las piezas en posición y ejecutar cada uno de los demás movimientos del ciclo. Había dos instructores: uno hacía funcionar el proyector y explicaba los movimientos y el otro, operario experimentado, daba instrucciones individuales e inspeccionaba el trabajo del grupo.

Empleando el método ordinario de utilizar a un operario experimentado para instruir a uno o dos operarios nuevos en la sala de producción, el operario experimentado producía nada más que del 40 al 50 por 100 de su producción normal. Además, este método de aprendizaje requería un período de instrucción excesivamente largo. Utilizando el método nuevo, dos instructores enseñaban a 18 operarios nuevos en una sala separada, sin interferencia ninguna con las operaciones regulares de fabricación. Al final de la semana de enseñanza se transferían los 18 operarios a la sala de producción, ya entrenados debidamente para realizar su tarea. El tiempo no fue más que un tercio del requerido para enseñar a los nuevos operarios por el método antiguo.

Mr. Persing da las razones siguientes para preferir el aprendizaje de los operarios en una sala separada (4):

(4) *Ibídem.*

1. Podemos obtener un 100 por 100 de atención. No hay el ruido y la confusión clásica de la sala de fabricación, que pudiera distraer la atención del operario.
2. El operario no se pone tan nervioso cuando se le instruye en una sala separada. No hay un conjunto de otros obreros curiosos observando cómo explica el instructor el nuevo ciclo de movimientos que, por lo general, difiere mucho del que ellos han visto y la disposición de las bandejas que atrae su curiosidad.
3. Cuando se presenta un problema de interés para todos los operarios, se les puede llamar la atención inmediatamente y explicarles cómo corregir la falta.
4. Como en esta operación particular se enseña a los operarios el ciclo de movimientos mirando cómo lo hace el operario experimentado en la pantalla, es necesario mantener la sala en la semioscuridad.

La Colonial Radio Corporation fue uno de los primeros fabricantes de radios que utilizó con éxito una escuela de aprendizaje para instruir a los nuevos operarios de montaje. En el momento de recibir el empleo, se daba a las operarias un período de dos o tres días de instrucción en una sala separada, bajo la inspección de un instructor competente.

La clase contenía bancos de montaje con plantillas, dispositivos de fijación, herramientas manuales y las piezas y depósitos necesarios para realizar operaciones típicas de fábrica, como las de trabajo con destornillador, trabajo de montaje y banco con alicates y operaciones de soldadura. Se instruían en grupos de 8 a 12 y nunca más de 15 a la vez. Durante el período de aprendizaje se les pagaba su jornal base diario. Al principio del período de aprendizaje se les daba una explicación al grupo sobre los fines del curso que iban a recibir. A continuación se inserta un extracto de estas explicaciones:

Como ustedes sabrán, el propósito de este cursillo es el de enseñar una forma mejor para ejecutar algunas de nuestras operaciones de montaje más comunes, que incluyen el manejo de tuercas, tornillos, arandelas, cables conductores, resistencias, etc.

Todos sabemos que existen ciertas formas de realizar una cosa que son mejores que otras. Se ha establecido que existe una forma de realizar un acto que es la mejor de todas y también hemos descubierto—cosa que la mayor parte de ustedes ya sabían—que, invariablemente, la mejor forma de hacer una cosa es la más fácil también. En su experiencia, ¿no han llegado ustedes a la misma conclusión?

De la misma forma que ustedes intentan encontrar la mejor manera de realizar sus quehaceres domésticos, también nosotros, en la industria, intentamos encontrar el modo mejor de realizar las cosas que se nos piden.

Se ha podido observar que, al menos el 25 por 100 de los movimientos utilizados por el empleado medio en las operaciones corrientes de la fábrica, son movimientos perdidos. Estos movimientos innecesarios contribuyen únicamente a la fatiga en cuanto se refiere al operario o a la operación.

Naturalmente, ustedes pueden preguntar: "¿Cuál es el fin de encontrar la forma mejor y más fácil de realizar operaciones en la fábrica?" Esto se puede expresar rápidamente como sigue:

"La Colonial desea construir un aparato de radio mejor a un coste más

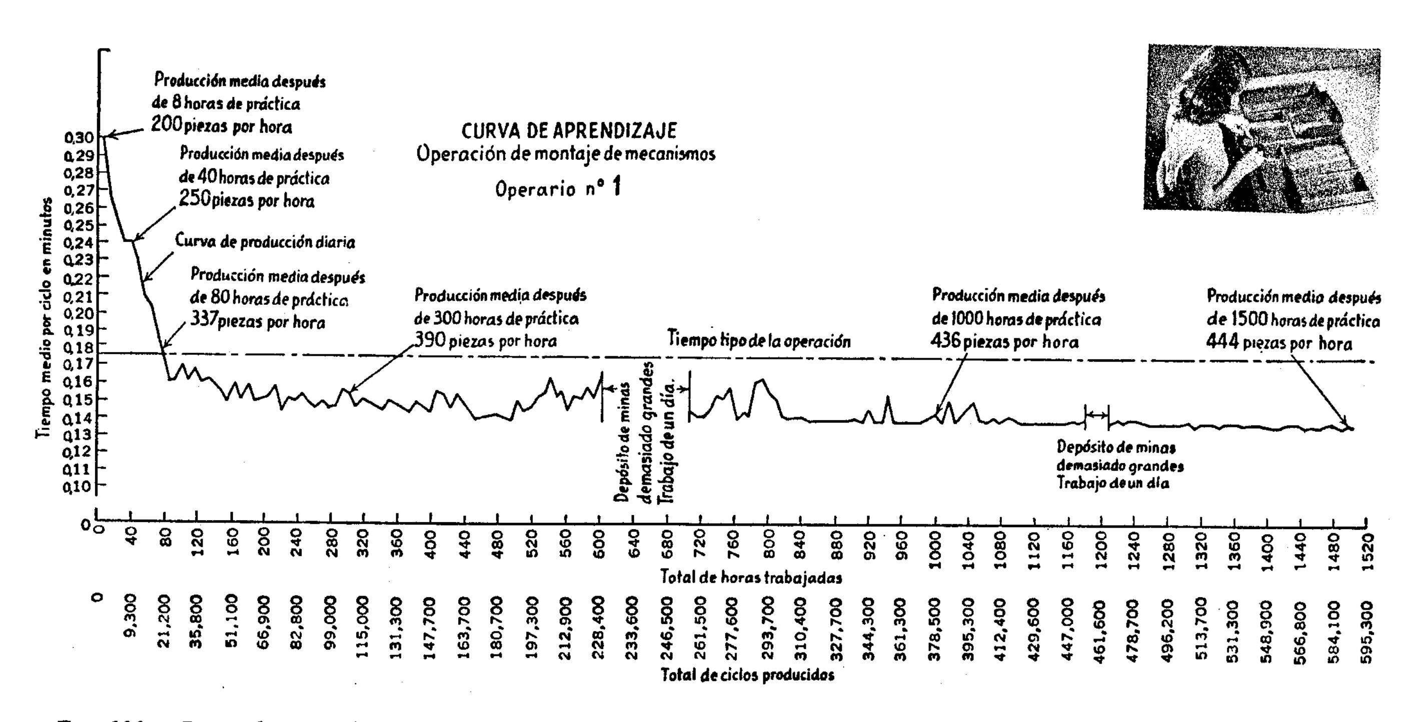


FIG. 330.—Curva de aprendizaje para la operación de montaje de mecanismos. La producción horaria media del primer día fue de 200 piezas. Después de realizados 590.000 ciclos de trabajo, la producción aumentó a 444 piezas por hora.

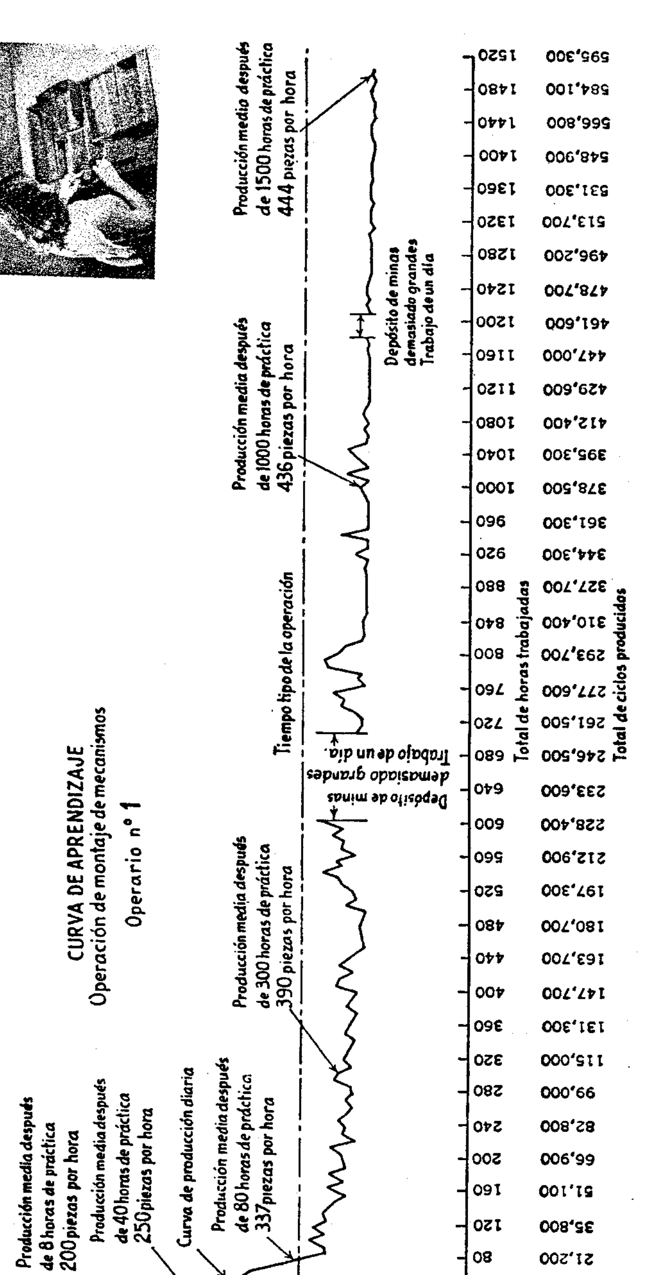


FIG. 330.—Curva de aprendizaje para la operación de montaje de mecanismos. La producción horaria media del primer día fue de 200 piezas. Después de realizados 590.000 ciclos de trabajo, la producción aumentó a 444 piezas por hora.

bajo, sin aumentar el esfuerzo físico de ninguno de los que estamos ligados directamente a su construcción."

Todos ustedes se darán cuenta de que la cantidad de trabajo que tenemos en nuestra fábrica depende del número de aparatos de radio que logre vender nuestra organización comercial. Cuando ustedes o yo, o millones de otros consumidores, se deciden a comprar un aparato de radio o cualquier otra mercancía, intentamos siempre obtener el mejor producto por el dinero que estamos dispuestos a gastar y, si el mejor aparato de radio resulta que es un Colonial, entonces lo compramos. En otras palabras, el bienestar de Colonial Radio Corporation y, por consiguiente, en gran medida, el de todos nosotros, depende de la posibilidad de que la Colonial pueda construir un aparato al menos tan bueno como el de cualquier otro fabricante a un precio que sea igual o menor.

Una vez dadas estas explicaciones y discutida cualquier pregunta formulada por algún miembro de la clase, se da al grupo una operación sencilla de montaje para que la realice. Se les da una explicación en cuanto a lo que ha de resultar el trabajo terminado y luego se permite a cada persona que lo realice de la forma que mejor le parezca. A cada operaria se le da un cronómetro, un papel y un lápiz para registrar el tiempo que tarda en hacer diez montajes.

Continúa en esta tarea durante una hora, registrando el tiempo para cada juego de diez montajes.

A continuación se dan a la operaria una plantilla de montaje y depósitos perfeccionados. Se distribuye debidamente el lugar de montaje y se instruye cuidadosamente a la operaria para que siga el método apropiado de hacer el trabajo. Se les da igualmente una explicación de los principios de economía de movimientos y de por qué el nuevo método es más fácil, rápido y seguro que el antiguo.

Una vez que la operaria comprende cómo se ha de hacer la tarea en la forma debida, se le deja trabajar por otra hora, cronometrándose ella misma para grupos de diez montajes y registrando el tiempo, como lo hizo anteriormente.

El hecho de que el método perfeccionado ahorra tiempo le resulta evidente, ya que es ella misma la que ha marcado su propio ritmo y leído y registrado su propio tiempo. Comprende que el estudio de movimientos no la obliga a trabajar más de prisa, sino que le permite hacer más trabajo con menor fatiga.

Una vez que la operaria nueva ha trabajado en una operación sencilla de montaje, se le dan otras tareas que son típicas de las que ella verá en la fábrica y, posiblemente, algunas en las que trabajará después del período de aprendizaje.

Aunque el fin primordial de la escuela es el de instruir a los nuevos operarios en los principios de economía de movimientos, la Colonial ha comprobado que sirve también para otra función muy importante. Muestra de manera convincente a los empleados que el perfeccionamiento de los métodos de realizar los trabajos beneficia tanto a ellos mismos como a la empresa, y que la forma mejor, desde el punto

de vista del estudio de los movimientos, es invariablemente la que produce menos fatiga, así como la más satisfactoria para el operario.

Puede decirse además que las operarias que pasan por esta escuela de aprendizaje llegan a la actuación normal aproximadamente en el 50 por 100 del tiempo que aquellas que entran directamente a la sala de producción sin pasar por el aprendizaje.

Durante un período de dos años, se instruyó a más de 700 operarias según el procedimiento que acaba de exponerse.

Enseñanza audio-visual para obreros destinados a operaciones complejas de ciclos de gran duración.—Las enseñanzas audio-visuales re-

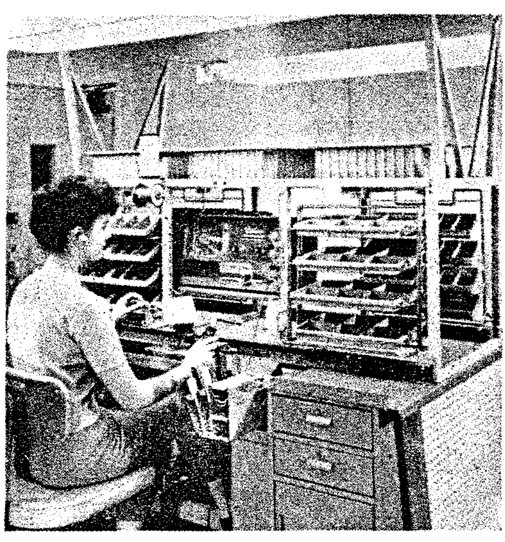


FIG. 331.—Puesto de trabajo normalizado, provisto de proyector de 35 mm y cinta magnetofónica, que dan al operario instrucciones visuales y verbales. (Cortesía de Hughes Aircraft Company.)

suelven el problema de adiestramiento de los operarios para los trabajos citados. El montaje de algunos elementos electrónicos puede durar una hora, o más tiempo, y no es factible descomponer las operaciones en subconjuntos más pequeños. En tales casos, se dan instrucciones detalladas, en forma de regletas de color de 35 mm, que se ven sobre una pantalla transparente situada frente al operario, así como instrucciones orales mediante cinta magnetofónica. El operario regula con un pedal la velocidad de las instrucciones audio-visuales. Se ha comprobado que este procedimiento reduce los costes de mano de obra y mejora la calidad y seguridad del producto (Fig. 331).

EFECTOS DE LA PRACTICA

Si una persona puede realizar una tarea manual, podrá reducir con la práctica el tiempo de ejecución por ciclo. La forma de la curva de aprendizaje vendrá afectada por la naturaleza del trabajo y por las características, aptitudes y mentalidad de la persona que realiza la tarea.

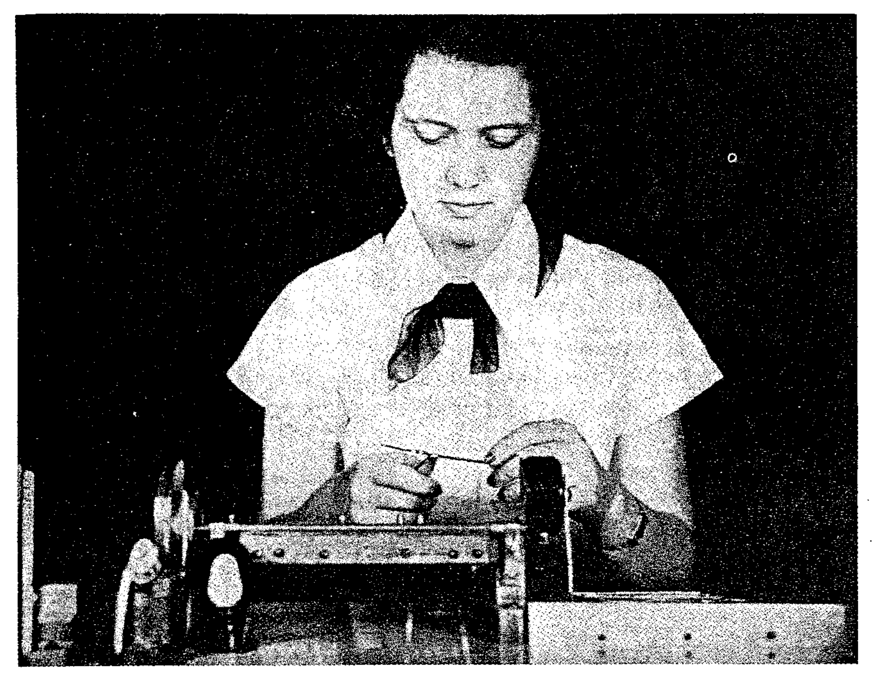


FIG. 332.—Operación de punzonado. Disposición del lugar de trabajo.

La figura 330 muestra la curva de aprendizaje para un operario dedicado al montaje de un dispositivo de lápiz mecánico (5). En su primer día de montaje, el operario hizo una media de 200 montajes a la hora. Después de once días de práctica sacó 343 montajes por hora, lo que representa la actuación normal. Como en esta fábrica se aplicaba un sistema de primas por rendimiento, el operario ganó una bonificación por todo el trabajo producido por encima del normal de 343 piezas

(5) L. F. YOUDE: *Ob. cit.*

por hora. Aunque después de 1.500 horas de práctica el operario estaba produciendo 444 piezas por hora, se ve que el mayor aumento en la producción tuvo lugar durante las primeras semanas de trabajar en la tarea. Al final de la primera semana, el operario había aumentado su

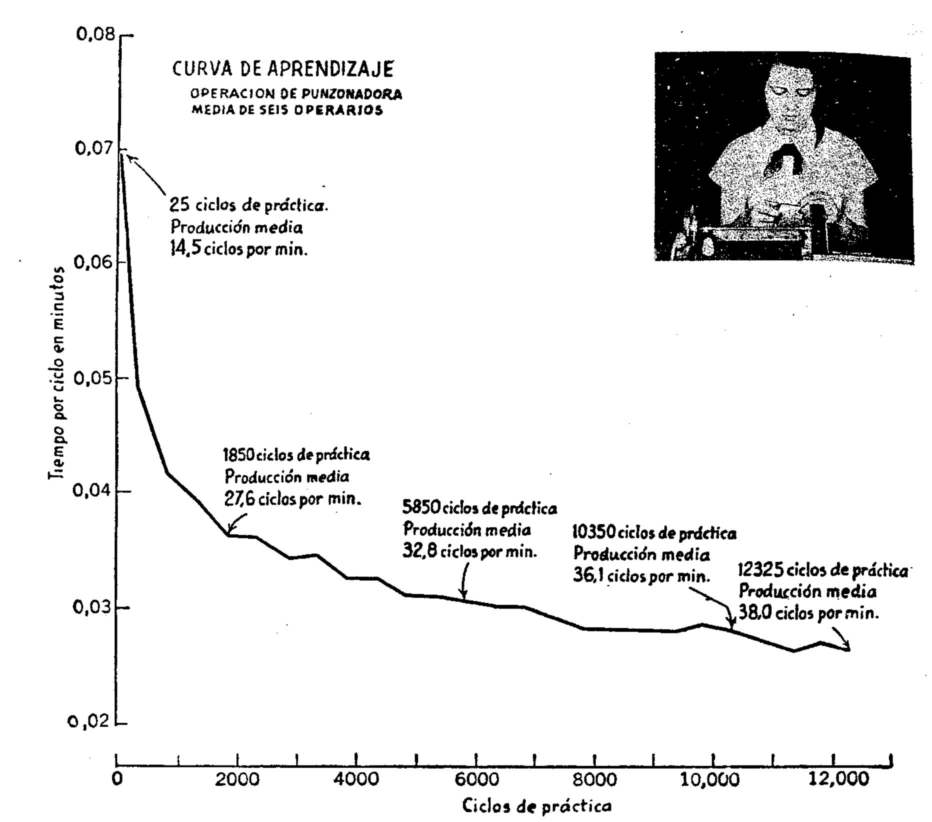


FIG. 333.—Curva de aprendizaje para una operación de punzonado. La producción media sin práctica fue de 14,5 piezas por minuto. Esta producción aumentó a 38 piezas por minuto después de 12.325 ciclos de práctica.

producción el 25 por 100 sobre la del primer día y al final de dos semanas había aumentado el 68 por 100 sobre la del primer día. Después de una práctica de 38 semanas, el aumento total ascendió al 122 por 100, del cual la mitad tuvo lugar durante las dos semanas primeras.

La figura 333 muestra la curva media de aprendizaje para seis operarios dedicados a una tarea de punzonado relativamente complicada, que comprendía el uso de ambas manos y de un pie. La producción aumentó el 75 por 100 después de 1.350 ciclos de práctica y se dobló al final de los 3.350 ciclos.

La figura 334 muestra la curva de aprendizaje para una operación muy sencilla, como es la de llenar un tablero con 30 clavijas utilizando

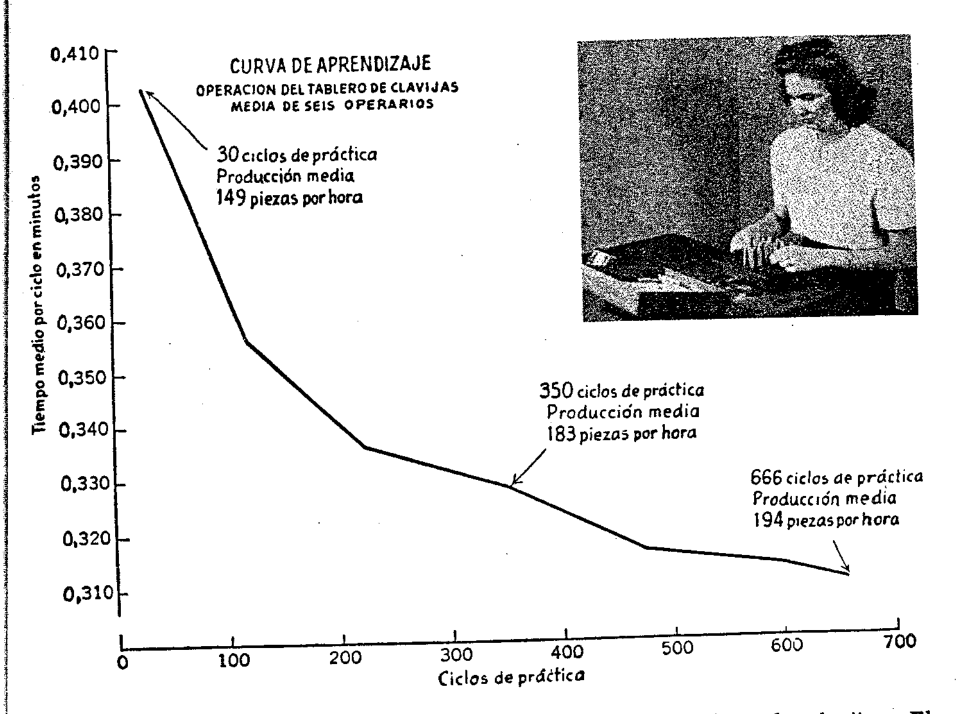


FIG. 334.—Curva de aprendizaje para la operación de tablero de clavijas. El número medio de piezas por hora sin práctica fue de 149. Esta producción aumentó a 194 piezas por hora después de 666 ciclos de práctica.

el método de las dos manos (véase fig. 87). Aquí la producción aumentó muy rápidamente, debido a la sencillez de esta operación.

Se han llevado a cabo una serie de estudios (6) sobre las operaciones típicas de las fábricas, a fin de determinar el efecto de la práctica en los movimientos fundamentales de las manos. Por ejemplo, en una tarea donde había, para la operación considerada en su totalidad,

(6) Véanse estudios por HAROLD T. AMRINE: "The Effect of Practice on Various Elements Used in Screwdriver Work", *Journal of Applied Psychology*, vol. XXVI, núm. 2, págs. 197-209; y por J. V. BALCH: "A Study of Symmetrical and Asymmetrical Simultaneous Hand Motions in Three Planes", *Motion and Time Study Applications*, sección 14, págs. 70-72.

una reducción en el tiempo del 40 por 100 después de 3.000 ciclos de práctica, la reducción en el tiempo del movimiento de transporte con carga fue del 15 por 100, mientras que la reducción en el tiempo para poner en posición fue del 55 por 100.

En otra investigación (7) se intentó determinar la diferencia entre la

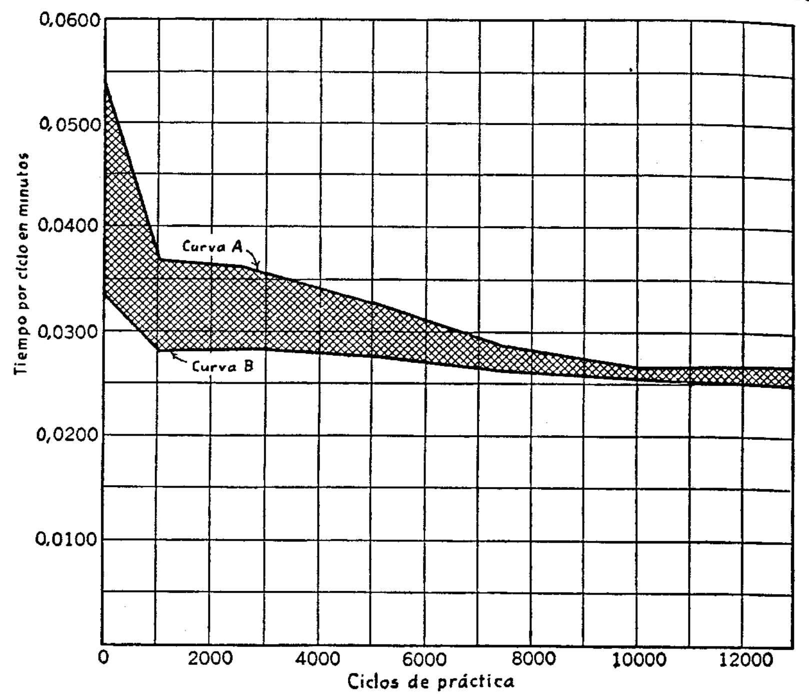


FIG. 335.—Curvas que muestran los efectos de los titubeos y esperas. La curva *A* está basada en datos que incluyen todos los titubeos y esperas. La curva *B* está basada en los mismos estudios, pero excluyendo los titubeos y esperas.

forma en que el obrero realizaba la operación cuando no tenía experiencia y la forma en que lo hacía después de adquirida. Para esta investigación se utilizó el análisis de micromovimientos. Se hizo una película de los movimientos del operario cuando era principiante y, luego, a intervalos durante el período de aprendizaje, hasta que llegó a un alto nivel de eficacia. La figura 335 muestra los resultados de este estudio. La línea superior *A* es la curva real de aprendizaje, mientras que la inferior *B* es la curva de aprendizaje, a la que se han quitado

(7) RALP M. BARNES, JAMES S. PERKINS y J. M. JURAN: "A Study of the Effect of Practice on the Elements of a Factory Operation", *University of Iowa Studies in Engineering, Boletín* 22, pág. 67.

las esperas y titubeos. Este estudio muestra que, en este caso, los dos tercios del aumento de producción durante el período de aprendizaje pueden atribuirse a la eliminación de esperas y titubeos del operario y posiblemente un tercio a los movimientos más rápidos de las manos.

A continuación damos un análisis de las diferencias de las dos curvas de aprendizaje:

	Minutos
El tiempo del ciclo al principio era de	0,052
El tiempo del ciclo al final era de	0,027
El perfeccionamiento fue de	0,025

El perfeccionamiento de la actuación se puede deber a las siguientes causas concurrentes:

	Minutos
Reducción de titubeos y esperas	0,017
Actuación más rápida	0,008
TOTAL	0,025

Es evidente que el principiante no utiliza el mismo método que usará cuando adquiera soltura en la ejecución del trabajo. La diferencia en el método es el mayor factor que por sí solo afecta al tiempo del ciclo de la tarea durante el período de aprendizaje.

Tiempo perdido.—Los estudios a que se ha hecho referencia más arriba se hicieron en el laboratorio y allí las condiciones no son siempre idénticas a las existentes en la fábrica. Otros estudios parecen indicar que hay una diferencia considerable entre el tiempo medio por pieza tal cual se determina por el estudio de tiempos y el determinado dividiendo el número de minutos trabajados durante el día por el número de piezas terminadas durante el día. La figura 336 muestra información de este tipo (8); la curva superior *A* es un registro de la producción diaria total, mientras que la curva inferior *B* es el tiempo real por pieza, tal cual se deduce del estudio de tiempos realizado sobre 50 ciclos al final del día. Esto muestra que, como principiante, el operario pierde más tiempo por día que lo que pierde después de tener alguna práctica.

Instruyendo debidamente al operario se puede reducir el período de aprendizaje, aminorando así el coste de mano de obra unitario para el patrón y dando al operario mayor satisfacción en su tarea. En el trabajo de estudio de tiempos se hace resaltar siempre el hecho de la nor-

(8) L. F. YOUDE: *Ob. cit.*

malización del método antes de fijar el tiempo tipo de la tarea. La exposición anterior y las curvas de aprendizaje mostradas en este capítulo indican que no se deberían establecer tiempos tipo a partir de estudios realizados con operarios inexpertos, cuestión que conocen muy bien los observadores de tiempos prácticos.

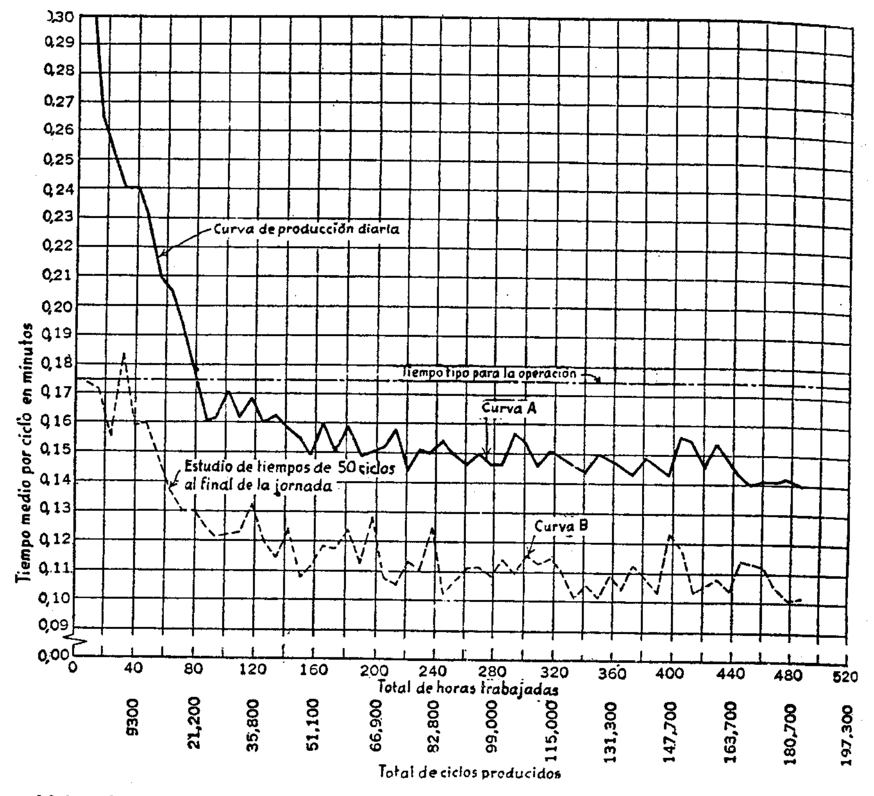


FIG. 336.—Curvas de aprendizaje para la operación de montaje de mecanismos. La curva *A* registra la producción diaria total. La curva *B* muestra el tiempo por pieza, determinado por un estudio de tiempos realizado sobre 50 ciclos al final de la jornada.

Tiempo necesario para que obreros experimentados aprendan otra tarea.—La figura 337 muestra la media semanal del índice de actuación de tres obreros de una fábrica de máquinas lavadoras, durante el período comprendido entre el 3 de enero y el 25 de abril. Durante el mes de enero, los 3 operarios trabajaron con un índice de actuación muy alto, cuyos valores medios respectivos fueron 143, 150 y 154 por

100. A finales de enero fueron interrumpidas las operaciones en que trabajaban, por lo que se les trasladó a otra tarea, en cuyo aprendizaje necesitaron casi tres semanas para llegar al nivel normal de 100 por 100 y un período mucho más largo para alcanzar el mismo nivel de eficacia que conseguían cuando aún no habían cambiado de tarea.

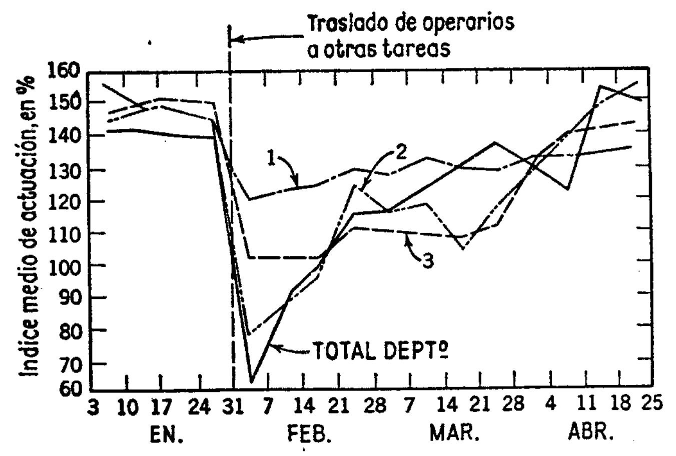


FIG. 337.—Indice medio de actuación de tres operarios de una fábrica. Un cambio en el diseño del producto eliminó, el 31 de enero, el trabajo a que se dedicaban e, inmediatamente, comenzaron una nueva tarea

Cuando fueron trasladados a la nueva tarea, manifestaron que, en su opinión, el tiempo tipo de la nueva operación era demasiado bajo y que no alcanzarían en ella el mismo índice de actuación que conseguían anteriormente. A estos operarios se les explicó detalladamente el efecto de la práctica y se les convenció para que se aplicaran en la nueva tarea tanto como en la anterior. La figura 337 muestra el progreso realizado por dichos obreros, al recuperar su alto nivel de actuación (9).

Registro del progreso del aprendiz.—Cuando ocurre una vacante o cuando se establece una tarea nueva, la dirección desea elegir para el trabajo una persona que tenga las características y cualidades que le permitan tener éxito en la tarea, así como obtener una satisfacción personal en ella. También está dentro de la responsabilidad de la dirección la de instruir al obrero para que llegue a la actuación normal en un período de tiempo lo más corto posible. A fin de adquirir

(9) J. F. BIGGANE: "Time Study Training for Supervision and Union", *Proceedings Fourth Industrial Engineering Institute*, Universidad de California, página 12, febrero 1952.

un conocimiento definido sobre el progreso que debe realizar un aprendiz en una tarea dada, algunas Compañías han realizado estudios extensos sobre las curvas de aprendizaje para varios tipos de trabajo y han preparado *curvas de aprendizaje normales* para sus operaciones. El procedimiento siguiente ilustra cómo pueden utilizarse dichas curvas.

Un caso específico.—El fin del *registro del progreso del aprendiz* es el comparar el progreso del aprendiz con la actuación media de aprendices normales. Este registro sirve igualmente como guía para el encargado y el instructor en cuanto a los puntos necesarios que se han de incluir en la instrucción de cada aprendiz. En la figura 338 se muestra (10) la *curva normal de aprendizaje*, y en las figuras 339 y 340, la ficha del *registro del progreso del aprendiz*. Se ha de subrayar que la

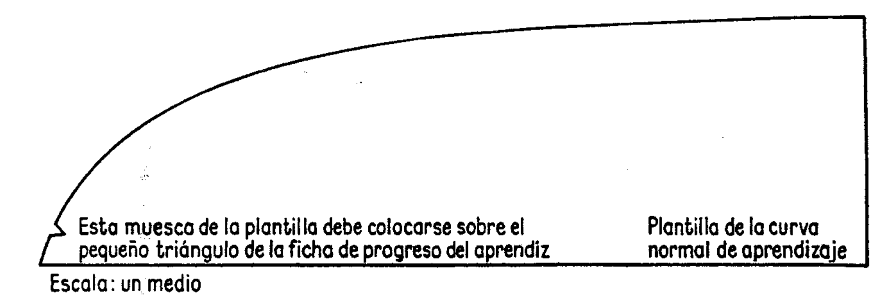


Fig. 338.—Plantilla de la curva normal de aprendizaje (celuloide). La forma de esta curva ha sido determinada a partir de centenares de estudios sobre operaciones diferentes realizados por esta Compañía a lo largo de varios años.

curva normal de aprendizaje obtenida por esta Compañía solo es una indicación aproximada de la producción que se espera conseguir, a intervalos, durante el período de aprendizaje. La curva no es lo suficientemente exacta para utilizarla como base de un sistema de primas por rendimiento aplicado a los aprendices.

Al nuevo empleado o a aquel a quien se da una tarea nueva se le asigna como instructor un operario hábil, el cual, junto con el encargado del departamento, es responsable del progreso del aprendiz en su tarea. En el momento en que el aprendiz comienza a trabajar, se rellena la ficha de *registro del progreso del aprendiz* (Figs. 339 y 340), y

(10) La forma de la curva en la figura 339 es diferente de las curvas de enseñanza de las páginas precedentes, debido a que la escala vertical de la figura 339 es *eficacia en porcentaje*, mientras que en las curvas precedentes es *tiempo por ciclo en minutos*.

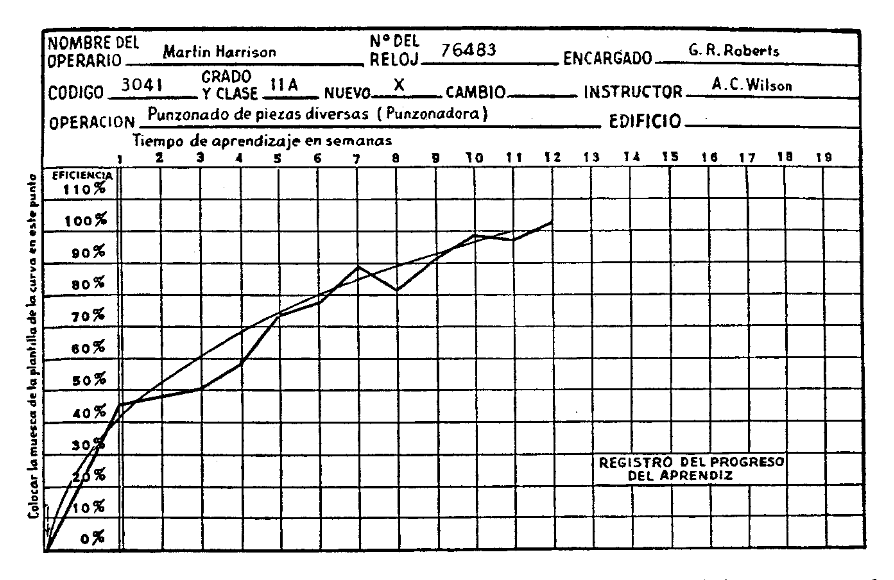


Fig. 339.—Registro del progreso del aprendiz, anverso de la ficha. Tamaño de la ficha 12,7 × 20,32 cm.

C-4 REGISTRO DEL OPERARIO				CALIDAD: E-EXCELENTE B-BUENO S-SATISFACTORIO P-POBRE	
FECHA DE COMIENZO: 3 - Diciembre de 1947				ACTITUD: Muy buena. El operario quiere aprender	MARCA DE COMPROBACION DEL INSTRUCTOR
REGISTRAR SEMANALMENTE					HERRAMIENTAS NECESARIAS X
VALORACION DE LA CALIDAD →					INTRODUCCION X
PORCENTAJE DE EFICIENCIA →					CALIDAD X
					SEGURIDAD Y ORDEN X
S	S	B	B	OBSERVACIONES:	COOPERACION X
45	48	50	58	Al final de la segunda semana.	SATISFACTORIEDAD X
B	B	B	E	El operario parece lento en	VALORES DE LA PRODUCCION X
74	79	89	83	el aprendizaje	TIEMPO PERSONAL PERMITIDO X
E	E	E	E	Al final de la cuarta semana:	
92	98	98	103	El operario sigue lento	
				Cree que puede manejarse en el	
				trabajo	MARCA DE COMPROBACION DEL ENCARGADO
				Al final de la sexta semana:	PLAN DE PAGO DE SALARIO X
				El operario progresa	AVANCES POSIBLES X
				satisfactoriamente	SEGURIDAD X
					CALIDAD X
				FIRMA DEL ENCARGADO	RECALCAR CONTINUAMENTE SOBRE LA SEGURIDAD Y LA CALIDAD X
				FIRMA DEL INSTRUCTOR	

Fig. 340.—Registro del progreso del aprendiz, reverso de la ficha.

se construye la curva de aprendizaje para la tarea de la forma siguiente. Para todos los períodos de enseñanza se utiliza la curva normal (fig. 338), que es una plantilla hecha de una hoja transparente de celuloide. Se coloca la curva de forma que la muesca caiga exactamente sobre el triángulo negro de la esquina inferior izquierda de la ficha (véase fig. 339). La parte superior de la plantilla intersecta la

CLASIFICACION DE LA TAREA

CODIGO 2706 J. R. .... FECHA 24-8-46 DEPART. 3-7-9
TIPO DE OPERACION .... SUPER. .... EDIFICIO ....
INDICE NUM. .... PAGO .... NUM. DE LA ESTACION DE TRABAJO O GRUPO ....
OCUPACION Operario de taladro simple o múltiple.

RESUMEN DEL TRABAJO
Hacer funcionar un taladro pequeño sencillo o múltiple para agujerear, roscar, escariar, avellanar, etc., piezas diversas en sitios previamente especificados, con tamaños y profundidades distintas, utilizando las plantillas apropiadas. Trabajo sencillo en piezas pequeñas y ligeras de tolerancias ordinarias. Mantener lo establecido cambiando las herramientas y por ajuste sencillo. Comprobar el trabajo.

TIPO DE OPERARIO DESEADO.—Instrucción primaria. Mujer de complexión media. Debe ser aficionada a la mecánica.

TIEMPO DE APRENDIZAJE.—Operario nuevo, 3 semanas.

FIG. 341.—Ficha de clasificación de la tarea para taladro pequeño sencillo o múltiple.

horizontal del 100 por 100 en el punto de corte de la vertical que indica el número de semanas de aprendizaje requerido por ese trabajo. Se traza una línea a lápiz por el borde de la plantilla y esta línea representa la curva de aprendizaje para la tarea en cuestión. El encargado o el instructor retienen la ficha hasta que el aprendiz adquiere soltura en la tarea (llega al 100 por 100 de eficacia) o cambia de trabajo.

Cada semana se registra el progreso del aprendiz en el reverso de la ficha de dos maneras distintas (véase fig. 340). La cifra de porcentaje de la eficacia se calcula y registra en la casilla correspondiente marcando, un poco por encima y a la izquierda de dicha cifra, una letra que indica la calidad del trabajo realizado por el aprendiz. A la vez que se registra esta información en el reverso de la ficha, en el

anverso se marca un punto representativo de la eficacia y se dibuja una línea recta, que une el punto 0 de la curva con la eficacia al final de la primera semana. De igual forma se registra y marca la eficacia cada semana y se indica la calidad del trabajo en el reverso de la ficha. Al comienzo del trabajo del operario se le muestra la curva de aprendizaje, así como su significado y fin, los cuales se discuten con detalle.

CLASIFICACION DE LA TAREA

CODIGO L2746 J. R. .... FECHA 31-3-47 DEPART. 4
TIPO DE OPERACION .... SUPER. .... EDIFICIO 24W
INDICE NUM. .... PAGO .... NUM. DE LA ESTACION DE TRABAJO O GRUPO ....
OCUPACION Operario de torno.

RESUMEN DEL TRABAJO
DESCRIPCION DEL TRABAJO.—Recibir las instrucciones, coger el material debido y las herramientas necesarias para la tarea. Colocar la pieza en la máquina, ya sea sujetándola en el mandril o poniéndola entre puntos. Instalar las herramientas en el carrito. Determinar la profundidad y número de cortes que han de hacerse de acuerdo con los dibujos y las especificaciones. Ejecutar el trabajo como se ha bosquejado. Sacar la pieza de la máquina e identificarla en caso necesario.

EQUIPO USADO.—Tornos Lodge & Shipley 610 mm, Prentice 3.600 × 610 mm, Chard 2.700 × 450 mm y LaBlond de 3.000 × 625 mm, herramientas, micrómetros, calibres grúa.

TIPO DE TRABAJO EJECUTADO.—Cojinetes, collarines de empuje, engranaje y puños, etc.

TIEMPO DE APRENDIZAJE.—Operario nuevo, 9 semanas; operario semiexperto, 6 semanas.

FIG. 342.—Ficha de clasificación de la tarea para un torno.

Cada semana, después de anotar la actuación del aprendiz sobre la ficha, el instructor o el encargado, junto con el operario, pasan revista a la ficha, discutiendo cada uno de los puntos anotados, tales como calidad, seguridad y buen orden. Se anota cada dato después que se le ha explicado concienzudamente al aprendiz.

El instructor registra también la actitud del aprendiz hacia la tarea. Se anotan igualmente todos los progresos del aprendiz, así como las irregularidades que pueden haber ocurrido durante el período.

Después que el operario alcanza la actuación normal (100 por 100 de eficacia) se envía la ficha del *registro del progreso del aprendiz* al supervisor de aprendizaje, quien lo archiva permanentemente, junto con otros registros del empleado.

El procedimiento descrito ha resultado un método muy bueno para

que, tanto el operario como el encargado, estén debidamente informados semanalmente de los progresos realizados. En aquellos casos en que se ve que el operario no se adapta al trabajo y su producción cae uniformemente por debajo de la esperada, se le puede enviar a otra clase de trabajo sin pérdida de tiempo excesiva.

Ficha de clasificación de la tarea.—La *ficha de clasificación de la tarea* contiene una descripción bastante completa de la tarea (véanse figuras 341 y 342). Muestra el grado del trabajo y el tiempo de aprendizaje para un operario nuevo, así como para uno semiexperto. Se define como operario nuevo aquel que no ha tenido ninguna experiencia sobre un tipo de trabajo concreto, y como operario semiexperto aquel que ha tenido alguna experiencia sobre esa tarea o máquina.

La figura 341 es una clasificación de la tarea para una taladradora sencilla o múltiple. El tiempo de aprendizaje para el operario nuevo es de tres semanas. La figura 342 es una clasificación de la tarea para un torno. El tiempo de aprendizaje para un operario nuevo es de nueve semanas y para un operario semiexperimentado, de seis semanas.

CAPITULO XXXVIII

EVALUACION Y CONTROL DE FACTORES DISTINTOS DE LA MANO DE OBRA

PLANES MULTIFACTORIALES DE PRIMAS

En algunas industrias los costes de la mano de obra directa son pequeños, comparados con los costes debidos a las máquinas e instalaciones. En algunos departamentos de una fábrica puede ahorrarse más dinero mediante el control de la calidad y de los desperdicios y aumentando la utilización de las instalaciones, del que puede economizarse aumentando los rendimientos de la mano de obra. Por ejemplo, las pérdidas que representa para la empresa una hora de inactividad de una máquina pueden ser mayores que los salarios pagados al equipo durante una jornada laboral completa. El plan de primas ideal para los operarios destinados al servicio de máquinas e instalaciones costosas es un plan plurifactorial. Por ejemplo, puede proyectarse un plan en el que se incluyan factores tales como la superficie de material elaborado, porcentaje de producto obtenido de calidad admisible y utilización del material (Fig. 343). A medida que crece la mecanización de la industria, debe concederse mayor atención a los factores que reducen los costes de utilización de las instalaciones. El objetivo debe ser preferentemente el coste mínimo por unidad de producto final, más que bajos costes de mano de obra directa.

Operaciones manuales y de máquina.—Una operación tal como el labrado de una pieza en bruto en un torno, se divide en dos partes: Carga y descarga de la máquina, durante las cuales trabaja el obrero y tiempo de corte (controlado por la máquina), durante el cual trabaja la máquina y el operario está inactivo. El objetivo será entonces hallar un incentivo en virtud del cual resulte la máxima utilización de la máquina y del operario. Si los costes de funcionamiento del torno son relativamente reducidos y si dentro del ciclo el porcentaje de inactividad del obrero es relativamente pequeño, se conseguirán resultados satisfactorios con métodos usuales de medida del trabajo y de incentivos económicos. Pero si el coste de funcionamiento de la máquina es grande comparado con el coste de la mano de obra y si,

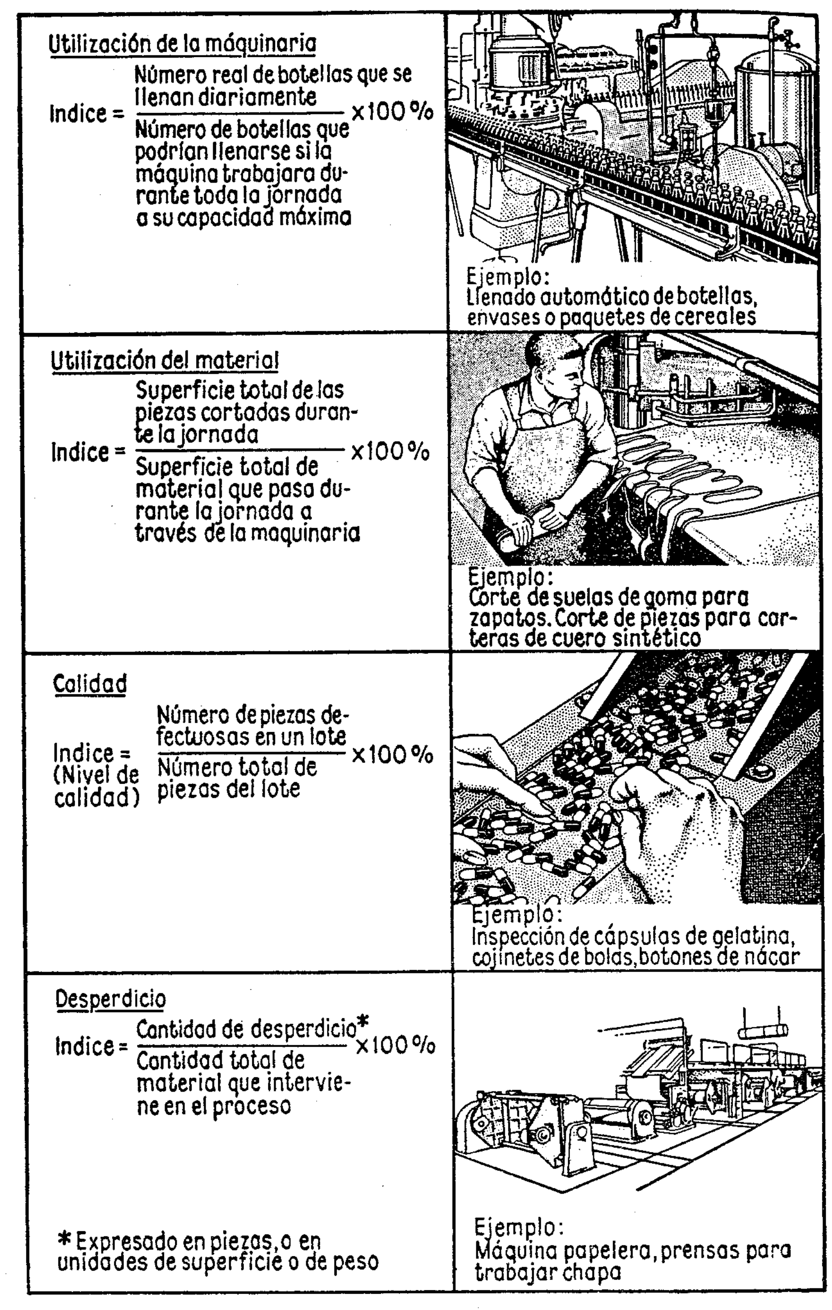


FIG. 343.—Algunos factores, distintos de la mano de obra, que pueden afectar al coste del producto.

además, es elevado su período de actividad dentro del ciclo, la situación requerirá entonces una solución diferente.

La clase y magnitud de la prima que debe concederse al operario para que esté dispuesto a mantener la máquina en funcionamiento, deberá considerarse para cada caso. Se pueden emplear estudios de tiempos y otros procedimientos de medida para determinar el contenido de trabajo de cada operación, pero la ponderación que debe darse a otros factores, tales como utilización de la maquinaria, calidad y rendimiento, solamente podrán determinarse de una manera más o menos arbitraria.

Por ejemplo, la operación de comprobar cápsulas de gelatina consiste en separar las defectuosas, a medida que todas ellas desfilan frente al inspector, sobre un transportador mecánico de banda transparente que pasa a través de una mesa de inspección iluminada. Mediante estudio de tiempos es posible determinar el tiempo tipo para comprobar 1.000 cápsulas de color y tamaño determinados, con un cierto porcentaje de defectos. No obstante, el estudio de tiempos será de poco valor para fijar la ponderación que, en un posible plan multifactorial de primas para esta operación, deba darse a otros factores.

No hay procedimiento para determinar la atención o vigilancia adicional que se necesita por parte del operario para que, entre las cápsulas desechadas, no figuren las buenas o para evitar que en el lote de buena calidad figuren algunas defectuosas. Por ello, en este caso particular, la ponderación dada a estos dos factores se basa fundamentalmente en la importancia que cada uno de ellos representa para la empresa: el coste. En el departamento que se considera, una cápsula defectuosa entre cápsulas buenas puede originar retrasos en la operación de llenar las cápsulas con polvos. Además, ciertas clases de cápsulas defectuosas pueden no ser descubiertas hasta después de haberlas llenado, con el resultado de que tanto la cápsula como su contenido han de desecharse. En el caso de que exista una cápsula buena entre un lote de rechazadas, la pérdida se limita al valor de la cápsula. En la página 657 se presenta una detallada descripción del plan multifactorial de primas aplicado por una empresa a la operación de seleccionar cápsulas de gelatina.

A medida que se mecaniza más el proceso y que las máquinas e instalaciones son más complejas y costosas, la dirección encuentra más oportunidades para reducir los costes, mediante la evaluación y control de otros factores que la mano de obra. En muchos casos será imposible medir el esfuerzo, atención o vigilancia que se requiere por parte del operario para obtener los resultados deseados. Frecuentemente se trazará el plan a través de ensayos sucesivos, de manera empírica o arbitraria, y, en este caso, no pueden aplicarse las condiciones

Porcentaje del ciclo durante el cual el operario realiza trabajo manual	Horas de trabajo manual	Salario hora base Trabajo manual	Prima ganada Trabajo manual	Horas de trabajo controladas por la máquina	Salario base, trabajo controlado por la máquina	Ganancia total durante la jornada
A. 100% manual (0% controlado por la máquina) [100%]	100% × 8 = 8	8 × $2,40 = $19,20	$19,20 × 25% = $4,80	0	0	$19,20 + $4,80 = $24,00
B. 60% manual (40% controlado por la máquina) [60% | 40%]	60% × 8 = 4,8	4,8 × $2,40 = $11,52	$11,52 × 25% = $2,88	40% × 8 = 3,2	3,2 × $2,40 = $7,68	$11,52 + $2,88 + $7,68 = $22,08
C. 20% manual (80% controlado por la máquina) [20% | 80%]	20% × 8 = 1,6	1,6 × $24,0 = $3,84	$3,84 × 25% = $0,96	80% × 8 = 6,4	6,4 × $2,40 = $15,36	$3,84 + $0,96 + $15,36 = $20,16
D. 0% manual (100% controlado por la máquina) [100%]	0	0	0	100% × 8 = 8	8 × $2,40 = $19,20	$19,20

Operación: Torneado exterior de un engranaje en bruto. Si el avance es automático, no es necesario la atención del operario durante el tiempo de corte

Duración de la jornada = 8 horas. Salario hora base = $ 2,40

Eficacia media o índice medio de actuación del operario en actividad manual = 125 %

FIG. 344.—Efecto del tiempo de máquina sobre las ganancias del obrero.

Porcentaje del ciclo durante el cual el operario realiza trabajo manual	Horas de trabajo manual	Salario hora base Trabajo manual	Prima ganada Trabajo manual	Horas de trabajo controladas por la máquina	Salario base, trabajo controlado por la máquina	Ganancia total durante la jornada
A. 100% manual (0% controlado por la máquina) [100%]	100% × 8 = 8	8 × $2,40 = $19,20	$19,20 × 25% = $4,80	0	0	$19,20 + $4,80 = $24,00
B. 60% manual (40% controlado por la máquina) [60% | 40%]	60% × 8 = 4,8	4,8 × $2,40 = $11,52	$11,52 × 25% = $2,88	40% × 8 = 3,2	3,2 × $2,40 = $7,68	$11,52 + $2,88 + $7,68 = $22,08
C. 20% manual (80% controlado por la máquina) [20% | 80%]	20% × 8 = 1,6	1,6 × $24,0 = $3,84	$3,84 × 25% = $0,96	80% × 8 = 6,4	6,4 × $2,40 = $15,36	$3,84 + $0,96 + $15,36 = $20,16
D. 0% manual (100% controlado por la máquina) [100%]	0	0	0	100% × 8 = 8	8 × $2,40 = $19,20	$19,20

Operación: Torneado exterior de un engranaje en bruto. Si el avance es automático, no es necesaria la atención del operario durante el tiempo de corte

Duración de la jornada = 8 horas. Salario hora base = $ 2,40

Eficacia media o índice medio de actuación del operario en actividad manual = 125 %

FIG. 344.—Efecto del tiempo de máquina sobre las ganancias del obrero.

que permitan la medida del trabajo y la prima compensadora de un operario que ejerza actividades predominantemente manuales.

Quizá la aclaración más corriente sobre la materia sea la política a seguir con el trabajo controlado por la máquina. Desde luego es cierto que, como en su tiempo de actividad se intercalan tiempos de espera que corresponden a los elementos controlados por la máquina, el obrero puede trabajar a mayor ritmo, ya que descansa mientras la máquina trabaja. Sin embargo, el procedimiento para determinar la "posibilidad de prima" que debe concederse a la parte de tarea controlada por la máquina, es arbitrario. Hay que considerar factores como los que siguen:

1. Coste mínimo del producto final—incluyendo costes generales y costes de materiales y de mano de obra directa.
2. Prima suficiente para animar al obrero a trabajar con ritmo superior al normal y a utilizar la máquina por completo.
3. Oportunidades de ganancia que sean equiparables a las de otras tareas de la empresa.

En la figura 344 se representa el efecto del control de máquina sobre los ingresos del operario. La operación consiste en el torneado exterior de un tocho para engranajes. En la condición *A* la operación es 100 por 100 manual y, por consiguiente, el operario tiene una oportunidad de ganar una prima durante todo el ciclo. En la condición *B*, el 40 por 100 del ciclo corresponde a tiempo de máquina. El operario está inactivo (mientras la máquina trabaja) y, por consiguiente, durante ese tiempo no tiene oportunidad de ganar una prima. Si el operario trabaja con un índice de actuación de 125 por 100 durante la parte manual de la operación y su salario hora está garantizado, sus ganancias son las que figuran en la columna extrema de la derecha de la figura 344. Es evidente que, en el caso *B*, no existe un gran incentivo para que el operario mantenga la máquina trabajando, en el caso *C* solamente hay una pequeña oportunidad de conseguir una prima y en el caso *D* no existe ninguna oportunidad.

Para las situaciones *B*, *C* y *D* existen innumerables planes de primas para el obrero. Algunos de ellos se limitan a una prima única que varía desde un 10 ó 15 por 100 hasta un 25 ó 30 por 100 como máximo. En otros planes figuran primas graduales, basadas en el porcentaje del ciclo controlado por la máquina. Sin embargo, si el operario hipotético de la figura 344 estuviera pagado a razón de un 25 por 100 de prima sobre la parte de su tarea controlada por la máquina y su índice medio de actuación diario en la parte manual de la tarea fuera 125 por 100, en cada uno de los casos *A*, *B*, *C*, y *D* (Fig. 344) ganaría lo mismo, es decir, un 125 por 100 sobre su salario base, o sea 24 $ (8 × 2,40 × 1,25 = 24 $).

Los aspectos favorables de dar una oportunidad de prima durante

la parte del ciclo controlada por la máquina son: 1) estimula al operario a aumentar su productividad y la de la máquina (cuando esto último es posible); 2) proporciona primas por rendimiento equiparables a las ganancias obtenidas por otros empleados que trabajan con primas sobre el salario.

Hay dos argumentos principales contra esta oportunidad: 1) Puesto que el operario no realiza esfuerzo físico durante la parte del ciclo controlado por la máquina, deberá establecerse que solamente percibirá su salario hora garantizado, es decir, lo mismo que recibiría si trabajara a jornal. El concepto fundamental de un plan de primas por rendimiento aplicado a la mano de obra directa en tareas manuales ha sido expuesto en los términos siguientes: "El trabajador debe percibir un salario extra a cambio de un esfuerzo extra, es decir, a cambio de una producción superior a la normal. Si no existe producción suplementaria, el trabajador no debe recibir una remuneración extraordinaria." 2) Si un obrero gana un premio o prima sobre la parte de su tarea controlada por la máquina y durante la cual no ejerce un esfuerzo físico, tendrá la impresión de que para ganar la misma prima cuando se dedica a una tarea completamente manual necesitará trabajar con más ahínco, y de que esto es injusto.

Debe subrayarse que el procedimiento a seguir con respecto a la parte del ciclo controlado por la máquina se sale del campo de la medida del trabajo y más bien lo que hace falta por parte de la empresa es una política sistemática, cuidadosa y continua con respecto a la evaluación, control y retribución de todos los factores que afectan al coste y que están dentro del control del operario.

PLAN MULTIFACTORIAL DE PRIMAS PARA LA FABRICACION DE CARTON ONDULADO

El cartón ondulado se elabora en una máquina especial (fig. 345). que consta de varias unidades separadas dispuestas en línea o tandem. Este conjunto hace el cartón ondulado, alimentando los rodillos con papel, por la parte húmeda de la máquina (parte derecha de la figura 345), a través de las diversas unidades, hasta la máquina cortadora que, automáticamente, corta el cartón a la anchura y longitud deseadas y apila las hojas cortadas sobre una mesa. Esta máquina puede hacer cartón ondulado hasta una anchura de 2.159 mm y trabaja satisfactoriamente ciertas clases de cartón con velocidades hasta de 182,6 m/min. La máquina es manejada por un equipo de siete hombres, compuesto por un maquinista, su ayudante, un vigilante en la parte húmeda de la máquina y un cortador y tres peones en la parte seca.

Con una máquina de funcionamiento tan costoso como el de esta (alrededor de 75 $ por hora) es deseable producir la mayor cantidad posible de cartón de calidad aceptable.

A causa del valor del papel (el valor del que entra en la máquina en una hora es aproximadamente 1.000 $), es importante que los rechazos y desperdicios sean los menores posibles. Tanto la velocidad

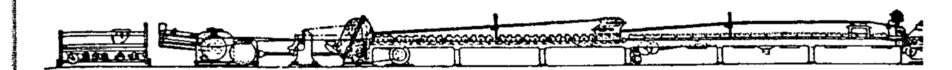


FIG. 345.—Máquina para fabricación

de la máquina como los desperdicios son dos factores que están dentro del control del equipo y, a fin de estimular a los siete obreros que lo componen, a alcanzar la mayor eficacia de la máquina, se ideó un plan bifactorial de primas, que se describe a continuación.

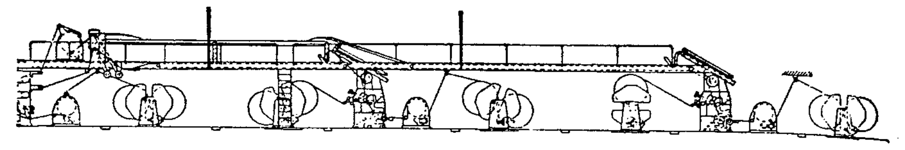
Factor I. Número de metros de cartón ondulado producido.—El número de metros lineales de cartón ondulado producido por esta máquina durante el día o turno se determina multiplicando el número de hojas de cartón producidas por la longitud en metros de cada una. En la tabla LXXV se da el tiempo tipo en horas por cada 1.000 metros lineales producidos. Los valores se determinaron mediante un estudio de tiempos. El total de metros lineales de cartón (expresado en millares) producido diariamente por el equipo y multiplicado por el tiempo tipo en horas por cada 1.000 metros lineales, da el total de horas tipo producidas por el equipo, en lo que concierne al factor que se está considerando.

Factor I = Total de metros lineales (en millares) × horas tipo por cada 1.000 metros lineales.

TABLA LXXV.—TIEMPO TIPO EN HORAS POR METROS LINEALES DE CARTÓN ONDULADO PRODUCIDO

Combinación de cartón		Tiempo tipo en horas por 1.000 metros lineales
33-9-33	ensayo 65 Kg.	0,17
42-9-33		0,17
42-9-42		0,17
69-9-42	ensayo 125 Kg.	0,22
69-9-69		0,22
42-9-69		0,22
76-38-76	ensayo 175 Kg.	0,28

Factor II. Desperdicio obtenido.—El cartón que ha pasado por la máquina se clasifica como de calidad aceptable o como desecho. El desperdicio puede ser debido a papel estropeado por enrollarse en la máquina al comenzar la jornada, a cartón ondulado de calidad



del cartón ondulado

inaceptable, descubierto y descartado en la parte seca de la máquina o a cartón defectuoso encontrado y desechado en las operaciones sucesivas, como impresión, corte y cosido. Todos los desperdicios van a

TABLA LXXVI.—TABLA DE DESPERDICIOS

Porcentaje de desperdicio	Horas tipo a sumar	Porcentaje de desperdicio	Horas tipo a restar
1,00	0,193	2,00	0,000
1,05	0,183	2,05	0,010
1,10	0,175	2,10	0,020
1,15	0,165	2,15	0,030
1,20	0,155	2,20	0,040
1,25	0,145	2,25	0,048
1,30	0,135	2,30	0,058
1,35	0,127	2,35	0,067
1,40	0,117	2,40	0,077
1,45	0,107	2,45	0,087
1,50	0,097	2,50	0,097
1,55	0,087	2,55	0,107
1,60	0,077	2,60	0,117
1,65	0,067	2,65	0,127
1,70	0,058	2,70	0,135
1,75	0,048	2,75	0,145
1,80	0,040	2,80	0,155
1,85	0,030	2,85	0,165
1,90	0,020	2,90	0,175
1,95	0,010	2,95	0,183
2,00	0,000	3,00	0,193

Cuando el desperdicio es inferior al 2 por 100, las horas tipo correspondientes se suman al Factor I (horas tipo ganadas por metros lineales de cartón ondulado producido). Cuando el desperdicio es superior al 2 por 100, los valores correspondientes de horas tipo se restan del Factor I.

la sala de embalaje, en la cual se separan, pesan, embalan y envían a la fábrica de papel. Por consiguiente, puede determinarse con exactitud el peso total de desperdicios obtenidos durante el día.

Es imposible trabajar con una máquina onduladora sin producir algún desperdicio. Los estudios hechos sobre la materia muestran que el 2 por 100 se puede considerar como "tipo" y la tabla LXXVI relaciona el desperdicio en porcentaje y las horas tipo. Como muestra la tabla, se considera que la actuación del equipo es satisfactoria si el desperdicio es igual al 2 por 100 del peso total de cartón ondulado fabricado en el día. Si el desperdicio es inferior al 2 por 100, las horas tipo indicadas en la tabla se suman a las horas con derecho a prima obtenidas por el equipo aplicando el Factor I. En cambio, si el desperdicio es superior al 2 por 100, las horas tipo señaladas en la tabla, se restarán de las horas ganadas por el Factor I. El porcentaje de desperdicio se determina de la manera siguiente:

1. Porcentaje de desperdicio =

$$= \frac{\text{Peso total de desperdicio producido en el día}}{\text{Peso total de cartón producido en el día}}$$

2. Las horas tipo correspondientes al tanto por ciento de desperdicio se obtienen de la tabla LXXVI.
3. Factor II = horas tipo (tabla LXXVI) × número de horas trabajadas sobre el valor normal.

Ejemplo.—Se ha recibido un pedido de 500.000 cajas de cartón que requieren hojas de 50 × 150 cm. de cartón ordinario, onduladas por ambos lados y probadas a 65 Kg. Puesto que la máquina produce cartón hasta un ancho de 2 metros, podrán hacerse cuatro cortes en una hoja de este ancho, que será el utilizado.

TABLA LXXVII.—GANANCIAS DIARIAS DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO

Miembro del equipo	Salario hora base	Horas tipo ganadas	Ganancia total por día
Maquinista	2,40 $	9,45	22,68 $
Ayudante del maquinista	2,00	9,45	18,90
Vigilante de la parte húmeda.	2,10	9,45	19,84
Cortador	2,30	9,45	21,73
Peón	2,00	9,45	18,90

El 16 de enero los siete hombres del equipo trabajaron en este pedido durante una jornada de ocho horas. Su producción aquel día fue la siguiente:

Factor I.—Cartón ondulado producido.

(a)	Producción total: Total de metros lineales de cartón ondulado producidos en el día, determinado por el contador instalado en la cortadora en el extremo seco de la máquina (31.240 cartones × 150 cm. cada uno = 48.860 metros).	48.860 metros lineales
(b)	Anchura del cartón = dos metros.	
(c)	Producción total de cartón, en metros cuadrados = 48.860 metros × 2 metros =	97.720 m²
(d)	Peso del cartón = 60 Kg. por 100 m².	
(e)	Peso del cartón producido $\frac{97.720 \times 60}{100}$	58.632 Kg.
(f)	Tiempo tipo para la combinación de 65 Kg. = = 0,17 horas por 1.000 metros lineales (tabla LXXV).	
(g)	Horas tipo producidas durante las ocho horas de trabajo = $\frac{48.860 \times 0,17}{1.000}$	8,30 horas tipo

Factor II.—Desperdicio obtenido.

(a)	Kg. de desperdicio obtenidos durante el día. Peso obtenido por el operario de embalaje, que embala y pesa todo el desperdicio de cada máquina onduladora	762 Kg.
(b)	Tanto por ciento de desperdicio = $\frac{762}{58.632}$	1,30 %
(c)	Horas tipo (tabla LXXVI). Al 1,30 por 100 de desperdicio corresponden 0,135 horas tipo.	
(d)	Como el equipo trabajó ocho horas en el día en una tarea para la que se ha fijado un tiempo tipo 0,135 × 8	1,08 horas tipo

Este extra de 1,08 horas tipo ha sido ganado porque los miembros del equipo trabajaron durante la jornada con un desperdicio menor del considerado como normal.

Resumen del cálculo de la prima.

Factor I.—Cartón ondulado producido; horas ganadas	8,30
Factor II.—Horas ganadas por reducir el desperdicio	1,08
Tiempo concedido por poner en marcha la máquina al comenzar la jornada (determinado por estudio de tiempos) según tabla especial de suplementos	0,07
Total de horas tipo ganadas	9,45

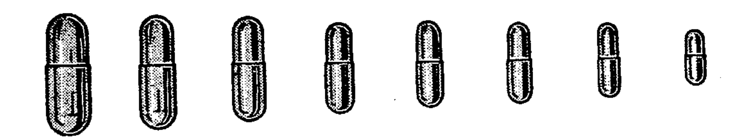
Premio horario = 9,45 — 8 = 1,45.

Factor de eficacia diario = $\frac{9,45}{8}$ = 1,18 %.

Esto significa que a cada uno de los siete miembros de la cuadrilla se le pagará un bono o prima basado en el rendimiento del equipo. O sea que a cada obrero se le pagarán 9,45 horas tipo producidas en vez de las 8 que realmente trabajaron. En la tabla LXXVII figuran las retribuciones de cada uno de los miembros del equipo.

PLAN MULTIFACTORIAL DE PRIMAS PARA LA OPERACION DE SELECCION DE CAPSULAS

La empresa Eli Lilly and Company fabrica cápsulas de gelatina en máquinas especiales automáticas, que trabajan 24 horas diarias. Las cápsulas se hacen en 8 tamaños distintos, y en más de 100 combinaciones de color (véase fig. 346). Pueden ser transparentes, opacas o combinación de ambas características. La máquina de capsular está construida de manera que manguitos de acero que contienen 30 va-



Tamaño	000	00	0	1	2	3	4	5
Anchura	0,99	0,85	0,76	0,69	0,63	0,57	0,53	0,49
Longitud	2,56	2,34	2,16	1,90	1,76	1,56	1,43	1,11

FIG. 346.—Número de designación y dimensiones de las cápsulas fabricadas.

rillas muy pulimentadas bajan automáticamente a un depósito que contiene un líquido gelatinoso caliente. Se extraen los manguitos, la gelatina se enfría sobre las varillas y se separa el exceso de gelatina, dando a la tapa o el cuerpo la longitud adecuada. La cubierta y el cuerpo se extraen automáticamente de las varillas y la primera se cala automáticamente sobre el cuerpo. A continuación, las cápsulas vacías ya elaboradas caen sobre un recipiente de fibra situado detrás de la máquina, de 103 cm cuadrados de superficie por 50 cm de profundidad y peso aproximado de 7 Kg cuando está cargado.

Los recipientes de fibra que contienen las cápsulas se trasladan a otro departamento para las operaciones de selección y embalaje. Entre

las cápsulas buenas se encontrarán pequeñas cantidades de rechazos, consistentes en tapas y cuerpos no ajustados, cápsulas imperfectas (extremos dentados, pliegues, pequeñas manchas, burbujas, etc.). El objeto de la selección (fig. 347) es separar todos los rechazos, dejando solamente las cápsulas buenas. El ideal sería que las operarias no mezclaran los rechazos con las cápsulas buenas, ni estas en un lote de rechazos. La figura 348 muestra la disposición de puestos de trabajo en el Departamento de selección.

La operaria llena de cápsulas una tolva colocada en la parte posterior de la máquina de control y coloca un recipiente vacío debajo

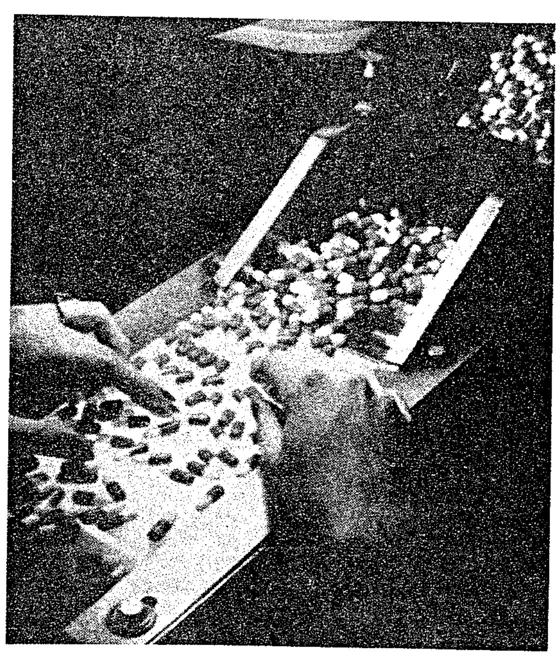


FIG. 347.—Máquina de selección de cápsulas. Se ven éstas sobre la banda transparente del transportador

y enfrente de la máquina. Una vez sentada, ajusta las bandejas de desecho (generalmente hay cuatro para recibir los rechazos), abre la salida de la tolva, regula el cepillo al tamaño de la cápsula y pone en marcha la máquina. Las cápsulas caen de la tolva, pasando bajo el cepillo, sobre una banda transparente (fig. 347) y en una sola capa. La velocidad del transportador es de 3,30 m/min. La banda pasa sobre una placa iluminada cuyas dimensiones son 114 mm de ancho por

254 de longitud y sobre ella puede la operaria descubrir y separar las cápsulas defectuosas. Las cápsulas buenas siguen su camino y caen, por un canal, al recipiente situado bajo la máquina. Durante la selección el cepillo de la tolva puede regularse de manera que aumente o disminuya el número de cápsulas que caen sobre la banda transportadora, según la cantidad de rechazos que se encuentren. La máquina

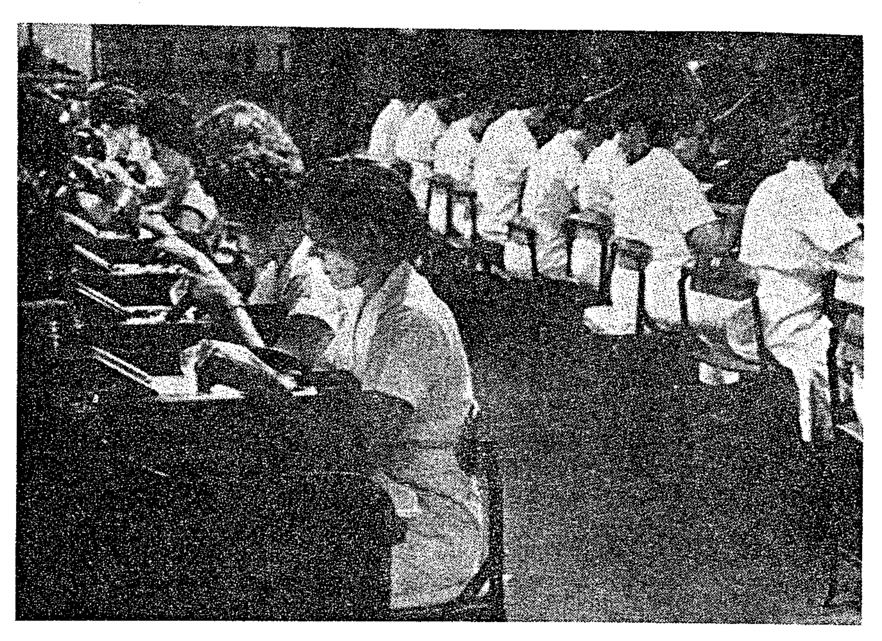


FIG. 348.—Una sección del departamento de selección de cápsulas.

puede pararse aplicando una ligera presión sobre el freno, con la rodilla izquierda.

Control estadístico de calidad.—Una vez seleccionadas todas las cápsulas del depósito, tanto las buenas como las rechazadas se entregan al Departamento de Inspección para que se efectúe un análisis de calidad. Si las cápsulas son aceptables, una operaria las vierte en un depósito de almacenamiento, después de verificar las dimensiones, tipo y color. Si las cápsulas no cumplen las normas de calidad fijadas para el producto final, se devuelven a la operaria y se vuelven a seleccionar hasta que se ajusten a aquellas. Se hace un muestreo aleatorio de rechazos para determinar su porcentaje.

El Departamento de Control Estadístico hace una evaluación aleato-

ria—o sea el tanto por ciento de rechazos entre las cápsulas dadas como buenas (Factor II) y el tanto por ciento de rechazos entre los lotes clasificados como defectuosos (Factor III)—, a fin de determinar el coeficiente de rendimiento de estos dos factores. La operaria de control comunica diariamente el rendimiento de cada factor al Departamento de Selección.

Plan multifactorial de primas.—La retribución del personal de selección de cápsulas se basa en el rendimiento del equipo. En el plan multifactorial de primas, el rendimiento del equipo se determina calculando el rendimiento individual de cada uno de los tres factores y ponderándolos en un determinado tanto por ciento. Los tres factores de este plan son:

FACTORES	Ponderación del factor
I. Rendimiento horario	60 %
II. Nivel de calidad del producto final	30 %
III. Nivel de calidad en rechazos	10 %
TOTAL	100 %

Factor I. Rendimiento horario de la mano de obra.—El rendimiento hombre-hora indica el nivel de actuación de las operarias de este departamento con respecto a la cantidad de trabajo realizado o número de cápsulas seleccionadas durante un cierto período de tiempo. En el número de cápsulas que una operaria puede seleccionar por hora influyen los siguientes factores: 1) dimensiones de la cápsula, 2) porcentaje de rechazos en las cápsulas seleccionadas y 3) naturaleza de las cápsulas (opacas, transparentes o combinadas).

Para cada tamaño de cápsula, color y porcentaje de rechazos, se hicieron estudios de tiempos, cuyos resultados se indican en la tabla LXXVIII.

Cálculo de los minutos tipo.—Los minutos tipo realizados por cada equipo se determinarán multiplicando cada tiempo tipo por el número de unidades de producción terminadas, y se añadirán las constantes diarias y los suplementos para obtener el total de minutos tipo para el período de pago.

Como ejemplo de cálculo, supongamos que las unidades de producción dadas en la tabla LXXIX fueron hechas por el equipo en un período de dos semanas.

Los minutos tipo realizados por el equipo durante el período de pago fueron 140.720.

Cálculo de los minutos reales.—El Departamento de Nóminas determina los minutos efectivamente empleados por el personal pagado quincenalmente, según las hojas de trabajo, e informa al Departamento de Primas al final de cada período de cobro. En este ejemplo suponemos que los minutos reales trabajados por el grupo fueron 173.090.

Factor I. Cálculo del rendimiento horario de la mano de obra.—A los minutos tipo determinados previamente es necesario añadir ciertos suplementos para compensar al equipo por las pérdidas de tiempo debidas a cambio de ropa y a necesidades personales. La suma serán los minutos tipo realizados durante el período. El rendimiento en tanto por ciento (Factor I) se calcula dividiendo el total de minutos tipo, en el período considerado, por los minutos reales empleados. El resultado será el porcentaje de rendimiento para el Factor I, cuya determinación, de acuerdo con nuestro ejemplo, se expone a continuación:

Minutos tipo calculados	140.720
Suplementos por necesidades personales	31.322
Minutos tipo totales	172.042

$$\text{Factor I} = \frac{\text{172.042 minutos tipo totales del equipo}}{\text{173.090 minutos efectivamente empleados por el equipo}} = 99{,}39\ \%$$

TABLA LXXVIII.—VALORES DE TIEMPOS TIPO

Operación: Selección de cápsulas vacías, transparentes, opacas y combinadas, sobre una banda transportadora transparente. Tiempos tipo en minutos para la selección de las cápsulas buenas, en relación con el porcentaje de cápsulas rechazadas. No son tiempos tipo reales, pero se emplean a título de ilustración.

Tamaño cápsula	PORCENTAJE DE RECHAZOS					
	0,0-5,9 %	6-9,9 %	10,0-14,9 %	15,0-19,9 %	20,0-24,9 %	25,0-29,9 %
000	—	1,88	2,03	2,20	2,39	2,50
00	1,38	1,98	2,29	2,64	—	—
0	1,02	1,38	1,64	1,91	2,18	—
1	0,901	1,29	1,49	1,78	2,07	—
2	0,795	1,07	1,26	1,47	1,72	—
3	0,738	1,06	1,25	—	—	—
4	0,875	1,20	1,37	1,69	—	—
5	0,809	1,18	1,38	—	—	—

Factor II. Nivel de calidad de salida.—Se incluye este factor en el plan de primas por rendimiento con el objeto de estimular a las selec-

TABLA LXXIX.—CÁLCULO DE MINUTOS TIPO

OPERACION	Unidades terminadas	Tiempo tipo del equipo	Minutos tipo empleados
Cápsulas vacías tamaño núm. 000 (Intervalo de rechazos, 25-29,9 %).	8.960M	2,50 min/M cápsulas buenas.	22.400
Cápsulas vacías tamaño 0 (Intervalo de rechazos, 0-5,9 %).	22.750M	1,02 min/M cápsulas buenas.	23.205
Cápsulas vacías tamaño 0 (Intervalo de rechazos, 6-9,9 %).	20.465M	1,38 min/M cápsulas buenas.	28.242
Cápsulas vacías tamaño núm. 1 (Intervalo de rechazos, 10-14,9 %).	18.250M	1,49 min/M cápsulas buenas	27.193
Cápsulas vacías tamaño núm. 3 (Intervalo de rechazos, 6-9,9 %).	12.475M	1,06 min/M cápsulas buenas.	13.224
Constante por depósito	2.000 dep.	3,20 min/depósito	6.400
Constante por operación	10 días	270 min/día	2.700
Minutos tipo desarrollados (obtenido de las hojas de primas)			17.556
Minutos tipo empleados			140.720

cionadoras a conseguir un buen nivel de calidad de salida, definido como el porcentaje de rechazos entre las cápsulas buenas. La valoración de este factor depende del nivel de calidad de salida registrado por el Departamento de Inspección Estadística que, al final de cada período de paga, envía un informe relativo al nivel de calidad obtenido en dicho tiempo. El valor dado por el Departamento citado sirve de base para determinar el valor del Factor II, según se indica en la tabla LXXX.

TABLA LXXX.—FACTOR II. ESCALA DE CONVERSIÓN PARA EL NIVEL DE CALIDAD DE SALIDA

(Ponderación del factor, 30 %)

Indice	Factor de eficacia, en porcentaje
0,50 o mejor	115
0,51 a 0,55	112
0,56 a 0,60	109
0,61 a 0,65	106
0,66 a 0,70	103
0,71 a 0,75	100
0,76 a 0,80	99
0,81 a 0,85	98
0,86 a 0,90	97
0,91 a 0,95	96
0,96 a 1,00	95

El nivel de calidad de salida es indicado por el Departamento de Inspección Estadística.

Ejemplo. Supongamos un nivel de calidad de salida de 0,50. Empleando este valor, la tabla LXXX da una eficacia de 115 por 100 para el Factor II, que se ponderará con un 30 por 100 al determinar el rendimiento final para el pago de primas al equipo.

Factor III. Nivel de calidad de los rechazos.—El objeto de este es estimular a las operarias a mantener un buen nivel de calidad de rechazos, definido como porcentaje de cápsulas defectuosas en los lotes desechados. La eficacia de este factor depende del valor fijado por el Departamento de Inspección Estadística, y remitido por este al final de cada período de paga. En la tabla LXXXI se dan las conversiones para este factor.

Ejemplo. Supongamos un nivel de calidad de rechazo de 93,3 por 100. A este valor, según la tabla LXXXI, le corresponde un Factor III de 102 por 100, que se ponderará al 10 por 100 al calcular el rendimiento final del equipo.

TABLA LXXXI.—FACTOR III. ESCALA DE CONVERSIÓN PARA EL NIVEL DE CALIDAD DE RECHAZO

(Ponderación del factor, 10 %)

Indice	Factor de eficacia, en tanto por 100
95,0 o mejor	115
94,9 a 94,0	108
93,9 a 93,0	102
92,9 a 92,0	97
91,9 a 91,0	93
90,9 o menor	90

El nivel de calidad de rechazo es indicado por el Departamento de Inspección Estadística.

Cálculo del rendimiento del equipo.—El rendimiento del equipo se calcula a partir de los resultados obtenidos para cada uno de los tres factores descritos, ponderándolos según la importancia relativa de cada uno de ellos. La tabla LXXXII es un ejemplo de este procedimiento.

El rendimiento alcanzado por el equipo durante el período de paga elegido fue de 104,33 por 100. No obstante, cuando hay valores decimales del porcentaje, se redondean al valor entero más próximo, que en este caso sería 104 por 100. Si el rendimiento hubiera sido de 104,65 por 100, se computaría como 105 por 100.

Cálculo de la retribución.—La operaria seleccionadora tiene un salario base fijado mediante valoración de tareas. La prima pagada se

determina con referencia a la "escala multiplicadora de la prima base" (E. M. P. B.), que se da en la tabla LXXXIII. Se observará que la prima empieza a percibirse a partir de un rendimiento del 51 por 100, siendo del 25 por 100 cuando el rendimiento llega al 100 por 100 y aumentando con ritmo uniforme.

En este ejemplo el rendimiento total del equipo fue 104 por 100. Según la tabla LXXXIII, la E. M. P. B. para 104 por 100 es 1,270. Supongamos que una determinada operaria tiene un salario base de 1,50 $ hora y que trabaja ocho horas diarias durante un período de paga de dos semanas, equivalente a 10 días laborables (1). Su retribución se calculará de la siguiente manera:

1,50 $ (salario base) × 1,270 (E. M. P. B.) = 1,905 $ salario hora durante el período de paga.

80 (horas trabajadas) × 1,905 $ = 152,40 $, incluidos salario base y primas durante el período de paga.

A esta cantidad se añadirán las bonificaciones que puedan existir, tales como gratificación de vivienda e indemnización por trabajo nocturno.

TABLA LXXXII.—CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO

FACTOR DE PRIMA	Coeficiente rendimiento	Ponderación del factor	Rendimiento ponderado
I. Rendimiento obrero/hora	99,39	60	59,63
II. Nivel de calidad de salida	115,00	30	34,50
III. Nivel de calidad de rechazo	102,00	10	10,20
RENDIMIENTO TOTAL			104,33

Valoración de la operación de selección de cápsulas.—El personal del Departamento de Inspección Estadística valora los recipientes de cápsulas en el Departamento de Selección. Esta valoración determina el factor de prima por calidad, Factor II, y el nivel de calidad del rechazo, Factor III. Los cálculos se hacen de la siguiente manera:

Determinación del nivel de calidad de salida.—Factor II.

1) Selección al azar de 10 recipientes de cápsulas aceptables.

2) De cada recipiente elegido en la fase anterior se retira, por medida volumétrica, una muestra aleatoria de 300 cápsulas.

3) Se determina y anota el número de cápsulas inadmisibles, según la norma de calidad que se haya fijado, en cada muestra obtenida en la

(1) En Estados Unidos la semana laboral es de 40 horas, en cinco días de trabajo. *(N. del T.)*

TABLA LXXXIII.—PLAN LILLY DE PRIMAS POR RENDIMIENTO
ESCALA MULTIPLICADORA DE LA PRIMA BASE

Rendimiento en %	E. M. P. B.	Rendimiento en %	E. M. P. B.	Rendimiento en %	E. M. P. B.	Rendimiento en %	E. M. P. B.
50	1,000	88	1,190	126	1,380	164	1,570
51	1,005	89	1,195	127	1,385	165	1,575
52	1,010	90	1,200	128	1,390	166	1,580
53	1,015	91	1,205	129	1,395	167	1,585
54	1,020	92	1,210	130	1,400	168	1,590
55	1,025	93	1,215	131	1,405	169	1,595
56	1,030	94	1,220	132	1,410	170	1,600
57	1,035	95	1,225	133	1,415	171	1,605
58	1,040	96	1,230	134	1,420	172	1,610
59	1,045	97	1,235	135	1,425	173	1,615
60	1,050	98	1,240	136	1,430	174	1,620
61	1,055	99	1,245	137	1,435	175	1,625
62	1,060	100	1,250	138	1,440	176	1,630
63	1,065	101	1,255	139	1,445	177	1,635
64	1,070	102	1,260	140	1,450	178	1,640
65	1,075	103	1,265	141	1,455	179	1,645
66	1,080	104	1,270	142	1,460	180	1,650
67	1,085	105	1,275	143	1,465	181	1,655
68	1,090	106	1,280	144	1,470	182	1,660
69	1,095	107	1,285	145	1,475	183	1,665
70	1,100	108	1,290	146	1,480	184	1,670
71	1,105	109	1,295	147	1,485	185	1,675
72	1,110	110	1,300	148	1,490	186	1,680
73	1,115	111	1,305	149	1,495	187	1,685
74	1,120	112	1,310	150	1,500	188	1,690
75	1,125	113	1,315	151	1,505	189	1,695
76	1,130	114	1,320	152	1,510	190	1,700
77	1,135	115	1,325	153	1,515	191	1,705
78	1,140	116	1,330	154	1,520	192	1,710
79	1,145	117	1,335	155	1,525	193	1,715
80	1,150	118	1,340	156	1,530	194	1,720
81	1,155	119	1,345	157	1,535	195	1,725
82	1,160	120	1,350	158	1,540	196	1,730
83	1,165	121	1,355	159	1,545	197	1,735
84	1,170	122	1,360	160	1,550	198	1,740
85	1,175	123	1,365	161	1,555	199	1,745
86	1,180	124	1,370	162	1,560	200	1,750
87	1,185	125	1,375	163	1,565		

NOTA.—Todo rendimiento comprendido entre dos valores enteros se redondeará al más próximo. Por ejemplo, 93,5-94,4 por 100 será 94 por 100; 94,5-95,4 por 100 sería 95 por 100.

fase 2. Se anota la fecha, número de máquina, número del recipiente, operaria e iniciales del inspector.

4) Cuando se han completado las fases 1, 2 y 3, se determinan el número total de piezas defectuosas, la media diaria y el intervalo de las observaciones. La media hallada es la correspondiente al nivel de calidad de salida, Factor II, y es la que se aplicará en el plan de primas.

5) Si en la fase 2 se encuentran más de 300 cápsulas defectuosas, se tomará una segunda muestra de 600 cápsulas.

a) Si en las dos muestras, que en total son 900 cápsulas, se encuentran 10 o más defectuosas, se devuelve el recipiente para que se vuelva a hacer la selección y las lecturas que se hayan realizado se excluirán de la valoración.

b) Si en la muestra total de 900 cápsulas se encuentran 9 o menos defectuosas, las 300 originales de la muestra inicial se incluirán en los datos utilizados para los cálculos diarios.

Determinación del nivel de calidad de rechazo.—Factor III.

6) Se toman al azar 5 depósitos de cápsulas rechazadas.

7) Se separa, por medida volumétrica, una muestra de 300 cápsulas de cada depósito elegido en la fase 6.

8) Se determina y anota en un registro permanente el número del recipiente de cápsulas, el de la máquina y el de la operaria para cada determinación de rechazo. Se comprueba el número de cápsulas completamente aceptables, en cada recipiente, sin defectos mayores o menores *visibles.*

9) Para cada selección diaria, se determinará el total, la media y el intervalo. La media obtenida será la correspondiente al nivel de calidad del rechazo, Factor III, que se aplicará en el plan de primas.

Instrucciones generales.

1) Las medias e intervalos de los factores II y III se comunican para cada período de paga. Al día siguiente del final del período de paga, se enviará una copia de este informe al director del Departamento, al jefe del Departamento de Selección de Cápsulas, al Departamento de Primas y al jefe del Departamento de Inspección Estadística.

2) Si se observan tendencias o condiciones fuera de control, se dará conocimiento inmediato al personal supervisor del Departamento de Selección de Cápsulas y del Departamento de Inspección Estadística.

3) Cuando sea necesario se harán observaciones adicionales a fin de corregir el aprendizaje o las condiciones fuera de control.

4) Se harán gráficos diarios de control del departamento de selección al final de cada día de trabajo.

APENDICE A

MANUAL DE ESTUDIO DE TIEMPOS

I. Responsabilidad del departamento de estudio de tiempos.

A. La determinación y administración de todos los salarios de la fábrica.
   1. Jornal horario establecido por valoración de la tarea.
   2. Tiempos tipo y paga por pieza determinada por estudio de tiempos, tiempos elementales, tiempos predeterminados o muestreo de trabajo.
   3. Determinación y conservación del sistema de abono de salarios.

B. La coordinación en la investigación de todos los métodos de producción de la fábrica.

C. La preparación y conservación de la disposición de puestos de trabajo de la fábrica.

D. La determinación de la clase y cantidad apropiada de equipo nuevo y de sustitución.

II. Definición del estudio de tiempos.

Estudio de tiempos es el análisis de una tarea con el fin de determinar el tiempo que una persona calificada, trabajando a marcha normal, tardaría en realizar una tarea utilizando un método definido y prescrito. A este tiempo se le llama *tiempo tipo* de la operación.

III. Fines del estudio de tiempos.

A. Servir de base para determinar tiempos tipo y establecer destajos.

B. Servir de base para establecer un *trabajo normal para el día* para tareas pagadas a jornal.

C. Ayudar al perfeccionamiento de los métodos.

D. Planificación y control de la producción.

E. Control de costes.

IV. Petición de estudio de tiempos.

A. *Petición de estudio de tiempos formulada por el encargado cuando se pone en producción una tarea nueva.*—El encargado hará la petición al departamento de estudio de tiempos por escrito utilizando el impreso TS101 (véase fig. 349) suministrado por este, cuando considere que la nueva tarea está dispuesta para su estudio. Antes de formular la petición, el encargado deberá asegurarse de que se cumplen las condiciones especificadas a continuación.

PREPARACION QUE HA DE HACER EL ENCARGADO ANTES DE FORMULAR LA PETICION DE ESTUDIO

1. Se ha de obtener un método satisfactorio de ejecutar la operación. Este método puede no ser el mejor obtenible, pero ha de considerar factores tales como el orden y economía de los movimientos, incluyendo el suministro y recogida de materiales por parte del personal del servicio y disposición del puesto de trabajo.
2. La maquinaria y el equipo han de estar funcionando a la velocidad correcta y con buen orden. Las herramientas, matrices, plantillas u otro equipo auxiliar han de estar funcionando debidamente y se han de adaptar a la tarea.

PETICION DE FIJACION DE TAREA POR PIEZAS

Al: Departamento de Estudio de Tiempos. Departamento: ....

.... se ha instalado en mi departamento.
(Nombre de la operación)

Han sido comprobados los puntos siguientes:

Núm. de operarios empleados ... ...( )	El operario está calificado y tiene experiencia en la tarea ... ...( )
La máquina trabaja adecuadamente ( )	Se ha notificado al operario que se ha de cronometrar la operación... ... ...( )
Los materiales están de acuerdo con las especificaciones ... ...( )	Existen las herramientas y el equipo necesario... ... ...( )
Se utiliza la mejor zona de trabajo... ... ...( )	

Yo creo que esta tarea está dispuesta para el estudio de tiempos.

Fecha .... Firma ....
(Encargado)

NOTA: La parte inferior de la hoja será rellenada por el departamento de Estudio de Tiempos

Fecha de recepción .... *Fecha de comprobación* ....

Fecha en que se hicieron los estudios.................................. *Observador* ....

Fecha en que la valoración entra en vigor ....

Otras disposiciones ....

Firmado por ....

TS101

FIG. 349.—Petición de valoración por piezas. Impreso TS101.

3. Los materiales han de tener la especificación fijada por el departamento de normas y el laboratorio. No se hará un estudio mientras existan condiciones de almacén anormales. No se volverán a hacer estudios si la calidad de los materiales durante el período de prueba fluctúa más allá de los límites de especificación normales.
4. El operario tiene que estar instruido para ejecutar la operación utilizando el método, máquina, herramienta y equipo que han sido especificados, habiendo adquirido habilidad suficiente en la tarea gracias a la práctica. No es aconsejable hacer un estudio de tiempos de un operario inexperto. En la mayor parte de los casos se encontrará que un operario inexperto tiene tantos titubeos y esperas que es prácticamente imposible sacar el tiempo verdadero del elemento deduciendo aquellos titubeos y esperas.
5. El encargado ha de discutir la tarea con el operario y señalar las razones por las cuales se pide el estudio de tiempos.

B. *Petición de estudio de tiempos o estudio de producción formulada por el encargado cuando ya está en marcha un tiempo tipo y un destajo.*—El encargado formulará una petición por escrito en el impreso normalizado para que el departamento de estudio de tiempos vuelva a considerar la operación:

1. Se hará un estudio de tiempos si ha habido un cambio en el método, disposición del lugar de trabajo, materiales o herramientas y equipo utilizado en la operación.
2. Se hará un estudio de la producción si el operario que estaba ejecutando la operación en el momento en que se hizo el estudio de tiempos, u otro operario diferente, no pueden alcanzar el trabajo tipo de la jornada de trabajo con un esfuerzo normal, después de un período de tiempo razonable de utilizar el método y materiales prescritos.

C. *Petición del estudio de tiempos o estudio de producción formulada por otras personas.*—En algunos casos, ciertas personas, como el director de la fábrica, jefe químico, jefe de los departamentos de modelos y proyectos, coste, compras o ventas, pueden pedir que se haga un estudio de tiempos con el fin de obtener información necesaria para su función particular dentro de la dirección. Estas peticiones se harán en una ficha TS102, suministrada por el departamento de estudio de tiempos (1). En estos casos, el observador de tiempos se pondrá en contacto con el encargado, explicándole las razones por las cuales se va a hacer el estudio de tiempos.

V. Procedimiento del estudio de tiempos.

A. *Ponerse en contacto con el encargado.*—El observador de tiempos se pondrá en contacto con el encargado nada más entrar en el departamento y este enseñará a aquel el sitio de la tarea y comprobará la operación para cerciorarse que se utiliza el método debido.

B. *Ponerse en contacto con el operario que ha de ser cronometrado.*—En ningún caso ha de comenzar el observador de tiempos a hacer su estudio sin el conocimiento del operario. Si hay varios operarios haciendo el mismo trabajo, debe estudiarse aquel que más se aproxime a la actuación normal. Pueden estudiarse dos o más operarios si se considera aconsejable. Bajo ninguna circunstancia se fijarán tipos sobre la base de estudios de tiempos realizados con operarios inexpertos o que no estén dispuestos a cooperar.

C. *Comprobar el método de la operación.*—Cuando se pone en producción un artículo nuevo o cuando se instala un equipo nuevo, pueden estar comprendidas muchas personas en la obtención de un método. En estas cuestiones debe consultarse al departamento de estudio de tiempos. Dentro de la responsabilidad del departamento de estudio de tiempos entra

(1) Impreso no mostrado aquí.

la comprobación del método para un posible perfeccionamiento antes de fijar el tiempo tipo de la tarea. El observador de tiempos solo sugerirá cambios posibles, pero no los pondrá en práctica si no se le pide. Antes de hacer el estudio de tiempos de la tarea, el observador hará que el encargado apruebe el método que se está utilizando. Esto incluirá un examen y aprobación de los elementos de la tarea que se han de cronometrar.

D. *Obtener toda la información necesaria.*—El observador de tiempos debe recoger en su hoja de observación, impreso TS103 (véase fig. 241 en capítulo XXVI), toda la información necesaria sobre la tarea, máquina y materiales para realizar el estudio totalmente. Debe hacer un dibujo o esquema de la disposición del lugar de trabajo, en el que se muestre la situación del operario, materiales, herramientas, etc. Siempre que sea necesario, debe hacerse un diagrama del proceso, mostrando la situación de la operación en el proceso. Se debe incluir en el estudio de tiempos un esquema de la pieza cuando ello sea aconsejable.

E. *Dividir la operación en elementos.*—La operación debe dividirse en elementos de duración tan corta como sea posible para que se puedan cronometrar con exactitud. Por lo general, los puntos de comienzo y final de estos elementos se determinan fácilmente, porque aparecen en las líneas divisorias naturales de la operación. Es importante definir cuidadosamente cada elemento, a fin de que los puntos de comienzo y parada sean exactamente los mismos en cada ciclo cronometrado. El tiempo de manipulación debe separarse del tiempo de máquina y, siempre que sea posible, se deben separar los elementos constantes de los variables.

F. *Registro del tiempo.*—El propósito perseguido con el cronometraje de la operación es obtener el tiempo representativo de cada elemento de trabajo de la operación. Por consiguiente, la política a seguir es la de cronometrar cuidadosamente todas y cada una de las partes de la operación. Si, por ejemplo, se ha de volver una hoja de un cuaderno por cada diez pares de piezas cementadas, debe anotarse esta información en la hoja de estudio de tiempos y debe cronometrarse un número de ciclos suficiente en los que entre este elemento, a fin de obtener su tiempo representativo.
Cuando intervienen elementos extraños, se deben cronometrar y registrar en la hoja de estudio de tiempos. Estos elementos se pueden o no incluir en el tiempo tipo, según sea su naturaleza. Es necesario contabilizar en la hoja de observación todo el tiempo consumido por el operario mientras se hace el estudio de tiempos. Se han de revisar cuidadosamente los elementos extraños para determinar si han de ser incorporados en el tiempo tipo o si son esperas innecesarias causadas por el operario. El tiempo para necesidades personales y para descanso, así como algunas esperas inevitables, se incorporan como suplementos y no se deben incluir como elementos en el estudio de tiempos, pues eso implicaría una duplicación.
El observador de tiempos debe registrar la hora a que comenzó y terminó el estudio, consiguiendo así el tiempo transcurrido. Se debe anotar igualmente el número total de unidades terminadas durante el estudio.

G. *Valorar la actuación del operario.*—Todos sabemos que hay una diferencia en el esfuerzo o velocidad a que trabajan naturalmente personas distintas. Por ejemplo, unas personas caminan generalmente a un paso lento y otras a un paso rápido, mientras que la mayor parte de las personas caminan a una marcha comprendida entre esos dos extremos. De la misma forma, en la fábrica, unas personas trabajan despacio, mientras otras lo hacen a una marcha excelente. A la marcha normal de la jornada se le asigna un número de 100 puntos al hacer el estudio de tiempos. Un operario calificado instruido para realizar el trabajo correctamente, con los materiales, herramientas y equipo especificados y que está trabajando a una marcha igual a la que se espera de una persona que trabaje a jornal horario y, por consiguiente, sin prima por rendimiento, se dice que trabaja a una marcha de 100 puntos. A fines comparativos, se espera que algunos operarios muy rápidos puedan alcanzar una marcha de 130 a 150 puntos cuando trabajan con prima por rendimiento. La actuación o marcha del operario se valora en el momento de hacer el estudio de tiempos y se aplica el índice de valoración a los datos del estudio de tiempos, a fin de determinar el tiempo tipo de la tarea.

VI. Cálculo del tiempo tipo y de la paga del trabajo por pieza.

A. *Calcular el tiempo normal.*—Se debe determinar y anotar, en el lugar debido de la hoja de observación, el tiempo representativo de cada elemento, el cual se multiplicará por el índice de valoración para obtener el tiempo normal del elemento.

B. *Preparar la hoja de cálculos, impreso TS104* (véase fig. 243, cap. XXVI).

1. Pasar el nombre del elemento y su tiempo normal de la hoja de observación del estudio de tiempos a la hoja de cálculos. Los elementos deben venir anotados por el orden de su ejecución.
2. En este momento se deben consultar los estudios de operaciones similares que haya en el archivo, así como cualquier dato normalizado, a fin de complementar la información contenida en el nuevo estudio de tiempos.
3. En la cuarta columna, encabezada *Unidades por elemento*, se coloca el número de unidades que se completan en el elemento. La unidad a la que se refiere es la unidad de contabilidad física, esto es, un metro, un par, un lote, etc. *Un ejemplo*: 8 pares (16 piezas) de tacones se colocan en *una hoja de un cuaderno* y se pasa la hoja. En este caso se pone *8 pares* en la columna 4.
4. En la quinta columna, encabezada *Presencia del elemento por* (...), se registra el número de veces que se presenta este elemento por 100 pares o por otra unidad que pueda utilizarse como base.
5. Multiplicar el tiempo normal del elemento por presencia del elemento por 100 pares (o por otra unidad que se utilice como base) y anotar el resultado en la columna 6, en la hoja de cálculos.
6. Obtener el tiempo normal total para todos los elementos, sumando los tiempos normales de cada elemento.
7. Añadir suplementos por fatiga, necesidades personales y esperas al tiempo normal total de todos los elementos para obtener el tiempo tipo total de la operación.
8. Dividir el tiempo tipo total por 60 minutos y multiplicarlo por 100 para obtener la producción horaria del día. Este es el número de piezas o cantidad de trabajo que ha sido establecido por el estudio de tiempos como tarea horaria que puede hacer un operario trabajando a marcha normal, o sea una marcha a jornal y sin prima por rendimiento.

C. *Calcular el salario por pieza.*—Para ello se divide el salario horario base o jornal asignado a la tarea por la producción horaria de la jornada. Se expresa generalmente en dólares y centavos por unidad o por cien unidades.

VII. Preparación para aplicar el salario por piezas.

A. *Discutir el tiempo tipo con el encargado.*—En este punto hay que ponerse en contacto con el encargado y discutir con él todas las fases del estudio de tiempos. Se ha de tomar una cantidad de tiempo suficiente para la discusión, a fin de que el encargado se familiarice totalmente con todas las fases del estudio de tiempos y, por consiguiente, pueda describírselo debidamente al operario, así como para que pueda contestar cualquier pregunta que el operario le formule.

ELEMENTOS DE LA TAREA

DEPARTAMENTO Sala de zapatos ENCARGADO W. M. Wilson

OPERACION Montar y pegar tacones en suelas

TRABAJO POR PIEZAS, NUM. 16-15

TAREA DEL DIA. NUM. 16-16 PRODUCCION HORARIA DIARIA: 237 piezas.

Núms.	ELEMENTOS DE LA TAREA
1	Coger un suministro de tacones.
2	Coger un suministro de suelas.
3	Coger, soltar y distribuir las suelas en 15 montones.
4	Seleccionar, coger y marcar el tacón en la suela.
5	Coger la brocha, encolar y dejar la brocha a un lado.
6	Apilar el trabajo terminado.
7	Marcar el tamaño en la pila.
8	Dejar a un lado el trabajo terminado.
9	Coger un suministro de cola.
10	Vaciar y limpiar el platillo de cola.
11	Limpiar el lugar de trabajo y tapar el trabajo.
12	Registrar la producción.
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

NOTA: Siempre que se cambie o elimine cualquier condición original o los elementos arriba expuestos, o cuando se varíe la disposición de lugar de trabajo en cualquier forma, la tarea tiene que ser comprobada por el Departamento de Estudio de Tiempos

FIG. 350.—Elementos de la tarea. Impreso TS105.

B. *Determinar el método de aplicación del salario por piezas.*

1. Determinar la manera exacta en que se han de medir y registrar la producción y el tiempo. Diseñar los impresos necesarios para informar sobre la cantidad de trabajo acabado en el día.
2. Siempre que sea necesario, preparar una relación del procedimiento que se ha de seguir al calcular los salarios de los obreros.

VIII. Forma de aplicar el sistema de salario por piezas.

A. *Se harán varias copias de las hojas de salario por piezas.*—Dos de las copias las firmarán el inspector y el jefe del departamento de estudio de tiempos, dando su aprobación. Todas las copias contendrán la fecha de efectividad, salario base horario, producción horaria de la jornada de trabajo y tarifa del trabajo por piezas, así como el nombre de la operación, su número y el departamento.

B. Al encargado se le darán una copia de la hoja del elemento normalizado TS105 (véase fig. 350) y una copia de la hoja de salario por piezas TS106 (véase fig. 244, capítulo XXVI). El departamento de estudio de tiempos tendrá al departamento de nómina al corriente de cada nueva aplicación del salario por piezas, así como a las personas interesadas de otros departamentos.

IX. Vigilancia en la aplicación del salario por piezas.

El encargado o el observador de tiempos, en conjunto o por separado, comprobarán la producción del operario poco después que comience a trabajar con prima por rendimiento. Durante el período de prueba, el encargado, en todo caso, comprobará la producción una vez por hora. Estos registros de la producción se pasarán, en el impreso TS107 (2), al departamento de estudio de tiempos al final de cada día, para proceder a su análisis. Durante los diez primeros días siguientes a la instalación del destajo, un observador de tiempos y el encargado se reunirán al menos una vez para comparar conjuntamente la operación con la hoja de elementos normalizados. Si se necesitan comprobaciones ulteriores, el departamento de estudio de tiempos hará un estudio de la producción. Cuando se cambie de cualquier forma el método, materiales, herramientas o equipo relacionado con la tarea, se le ha de notificar al departamento de estudio de tiempos, a fin de que pueda determinar la necesidad de un cambio en la prima.

Este manual fue preparado por Earl L. Frantz, con la ayuda de James A. Kenyon y Robert J. Parden.

(2) Impreso no mostrado aquí.

APENDICE B

MANUAL DE PRIMAS POR RENDIMIENTO

La Maytag Company ha preparado un *Manual de Primas por Rendimiento,* que se emplea en los programas de enseñanza de estudio de tiempos para todos los mandos intermedios. Esta publicación sirve también como manual de métodos y procedimientos concernientes al estudio de tiempos y de primas por rendimiento. Aquí se reproducen sus seis primeras y sus tres últimas páginas.

THE MAYTAG COMPANY
EXECUTIVE OFFICES
NEWTON, IOWA

FRED MAYTAG II
PRESIDENT

AL PERSONAL DIRECTIVO DE MAYTAG

Durante los años transcurridos desde que, en 1946, se introdujo el Plan Maytag de Primas por Rendimiento, han resultado cada vez más evidentes los beneficios que ha proporcionado a nuestros empleados, nuestros clientes y nuestra Empresa. Nuestros empleados han obtenido mayores salarios de los que podrían haber ganado mediante otros procedimientos. Nuestros clientes han podido comprar los productos de Maytag a precios más bajos.

Esto ha sido debido, en gran parte, a un alto nivel de productividad, que es el resultado de la instalación de mejores métodos de fabricación y al interés de nuestros empleados en aplicar el mayor esfuerza productivo y habilidad posibles. Esta productividad y costes competitivos, han permitido a nuestra Empresa proporcionar nuevos empleos y nuevas oportunidades para cada uno de nosotros.

El éxito futuro de nuestra organización y, por lo tanto el de Vds., depende en amplio grado de la continua mejora de métodos, esfuerzo y destreza.

Vd., que forma parte del personal directivo de Maytag, tiene una gran responsabilidad en lo que respecta al éxito de una de las mejores herramientas de productividad: el Plan de Primas por Rendimiento. Vd. puede ayudar a conseguir muchos beneficios a nuestros empleados, nuestros clientes y nuestra Empresa, con su total comprensión y apoyo entusiasta de los principios, aplicaciones y administración del Plan de Primas.

Este Manual ha sido preparado para ayudarle a la aplicación y administración del Sistema de Primas en su Departamento. Yo le ruego encarecidamente que se familiarice con el contenido del Manual y estoy seguro de que su estudio le permitirá tomar parte activa en el programa de Primas por Rendimiento con la mayor seguridad y confianza en sí mismo. Con ello se conseguirá una aceptación general, que será una firme base para nuestro futuro establecimiento de métodos aún más económicos y mejores.

Le expreso mi felicitación por su buen historial de trabajo y le deseo que continue sus éxitos.

Sinceramente,

Fred Maytag II

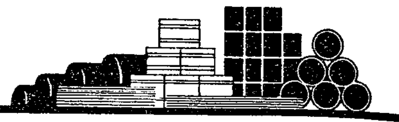
Presidente

Fred Maytag II: hb

El PLAN MAYTAG
DE PRIMAS BASADO EN HORAS TIPO
ha sido concebido para ayudarle a...

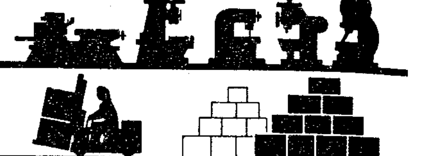


las materias primas



la maquinaria

los suministros



y, lo más importante, a dirigir

al personal

para OBTENER
MEJORES PRODUCTOS
con MENORES COSTOS

las páginas siguientes explican el
PLAN MAYTAG DE PRIMAS POR RENDIMIENTO

primas por rendimiento



El Plan Maytag de Primas por Rendimiento, basado en el análisis detallado de cada tarea, el establecimiento del mejor método de realizarla y la enseñanza al obrero de la ejecución de este método mejor, así como en la aplicación adecuada de las normas de trabajo, proporciona muchos beneficios a nuestros empleados, nuestros clientes y nuestra empresa.

Los **OBJETIVOS DE LAS PRIMAS POR RENDIMIENTO** son:

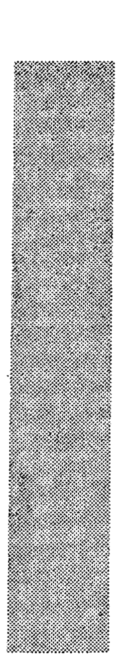
- **Aumentar las ganancias de los empleados.**
- **Conseguir los costos de fabricación más económicos.**
- **Obtener mayor utilización de máquinas e instalaciones.**
- **Programar la producción.**
- **Planificar cambios en los métodos de fabricación y estimar los costos.**
- **Presupuestar y controlar los gastos.**

Aunque las primas por rendimiento exigen que se determine el tiempo necesario para realizar una tarea, de lo cual resulta un salario extra a cambio del esfuerzo o habilidad extra del obrero, el estudio de la misma que debe hacerse antes de establecer una norma de trabajo, requiere el análisis de la tarea para **OBTENER**:

- La **MAQUINARIA** de más rendimiento.
- Los **MATERIALES** más adecuados.
- El **HERRAMENTAL** más eficaz.
- El mejor **METODO** manual.
- La mejor **CIRCULACION DE MATERIALES.**
- Las **CONDICIONES DE TRABAJO** más convenientes.
- **INSPECCIONES DE SEGURIDAD** adecuadas.
- **CONTROLES DE CALIDAD** necesarios.
- **SELECCION Y ENSEÑANZA DEL OBRERO** apropiadas.

primas por rendimiento

las primas por rendimiento... hacen más fácil su trabajo



1. **El estudio cuidadoso de las operaciones da como resultado métodos mejores y más fáciles de realizar el trabajo.** El Departamento de Organización y otros de tipo asesor le ayudarán a usted a poner en práctica buenos métodos de trabajo que deben elaborarse antes de fijar la norma de trabajo a seguir.

2. **Sus empleados trabajarán con mayor rendimiento.** Usted tendrá la seguridad de que se cumplirán los programas de producción, ya que sus obreros tendrán el deseo de rebasar la norma, a fin de aumentar sus retribuciones. Su tarea de inspección será más fácil si los obreros tienen ese incentivo.

3. **Las instrucciones detalladas de la tarea, escritas en la hoja de normas de trabajo, le ayudarán a enseñar al obrero a realizarla.** Las instrucciones escritas dan una descripción detallada del método, de lo que resultan una producción de calidad y prácticas de trabajo seguras.

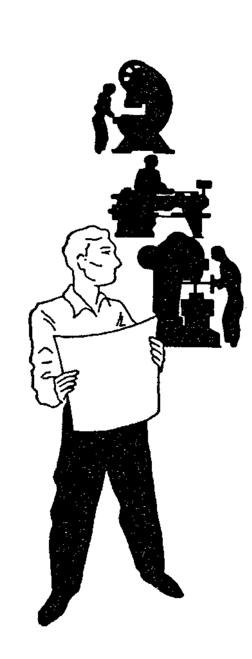
4. **Las normas de trabajo le ayudarán a programar su producción.** Si usted sabe cuántas piezas por hora han de hacerse en una tarea, le será fácil determinar cuántos hombres y máquinas necesitará para producir determinado número de unidades en cierto período de tiempo. Además, pueden programarse sistemáticamente en su departamento los materiales necesarios.

5. **Se reduce la rotación de su personal.** No tendrá necesidad de enseñar a muchos operarios nuevos, pues las altas ganancias animarán a sus obreros experimentados a quedarse en Maytag.

La ayuda que pueda obtener de las primas por rendimiento dependerá de su conocimiento del plan de primas, de su participación en el establecimiento de normas de trabajo y de la adecuada administración del programa en su departamento.

primas por rendimiento

Las normas de trabajo son la base del Plan Maytag de primas por rendimiento



El exito en la aplicación de las normas de trabajo depende de...

1. El desarrollo del **mejor método práctico.**
2. **La enseñanza de los operarios** en la realización de la tarea siguiendo el mejor método práctico.
3. **La medida exacta** del trabajo manual y del tiempo de máquina, mediante el estudio de la tarea, consideración del método, esfuerzo, maquinaria é instalaciones más económicas y la aplicación de suplementos adecuados.
4. **La participación del personal** en los cambios que afecten a su tarea y su comprensión total de la norma de trabajo.
5. **El mantenimiento** de las normas de trabajo, comprobando, después de haberlas establecido, su adecuada aplicación, aceptación y correcta ejecución por parte del personal, y conservándolas al día.

A fin de establecer con rapidez y exactitud las normas de trabajo, sigamos paso a paso el procedimiento de aplicación de las primas por rendimiento.



para determinar y mantener una norma de trabajo

1 preparar la tarea

Los mandos intermedios, con la cooperación de los departamentos asesores, preparan la tarea a estudiar por el Departamento de Organización.

2 pedir la norma de trabajo

El mando intermedio pide al Departamento de Organización el estudio de la tarea.

3 estudiar la tarea

El ingeniero de organización estudia la tarea, después de comprobar los detalles de la misma con el mando intermedio y con el operario.

4 calcular la norma de trabajo

El ingeniero de organización calcula la norma de trabajo.

5 aplicar la norma de trabajo

El ingeniero de organización redacta la "Hoja de norma de trabajo" en la que se incluyen instrucciones detalladas para la tarea y, después de las aprobaciones necesarias, la envía al taller. Entonces, la norma de trabajo se explica detalladamente a los operarios y se contestan todas las preguntas que estos formulen.

6 mantener la norma de trabajo

Tanto el mando intermedio como el ingeniero de organización observan la tarea atentamente, en la tapa inicial de aplicación de la norma, para estar seguros de que el operario la acepta y la ejecuta adecuadamente, y después la observan periódicamente para comprobar que se realiza según las prescripciones de la "Hoja de norma de trabajo."

ahora consideremos estas etapas detalladamente

administración del PLAN DE PRIMAS POR RENDIMIENTO

Desde la introducción del Plan Maytag de primas por rendimiento, los beneficios que de él se han derivado para nuestros empleados, nuestros clientes o nuestra empresa han sido cada vez más evidentes. Nuevos y mejores métodos de fabricación, así como el aumento en esfuerzo y destreza por parte de nuestros empleados, han hecho posible que nuestros clientes puedan comprar productos de calidad a precios más bajos. Gracias al aumento de productividad, en el que desempeña una parte importante el programa de primas por rendimiento, y a la más amplia difusión de nuestros productos, nuestra empresa ha podido proporcionar nuevas oportunidades de trabajo y mayor seguridad.

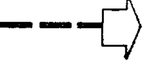
Como miembro del personal directivo de Maytag es grande su responsabilidad en cuanto al éxito del Plan de primas por rendimiento. Solo con su perfecta comprensión y participación activa en la aplicación y administración de las primas pueden seguir obteniéndose beneficios para nuestros empleados y clientes y para nuestra empresa.

Sus responsabilidades en la adecuada administración del Plan de primas por rendimiento requieren:

1. **Un conocimiento perfecto del Plan Maytag de primas por rendimiento.**
2. **Activa participación en el programa de primas.**
3. **Correcta aplicación de las primas.**
4. **Comunicación adecuada con los empleados.**
5. **Administración correcta de las cláusulas referentes a primas, incluidas en el convenio colectivo de trabajo.**

1 CONOCIMIENTO del PLAN MAYTAG de PRIMAS POR RENDIMIENTO

Este manual ha sido preparado para ayudarle a comprender los objetivos de las primas por rendimiento, así como los procedimientos para establecer los métodos mejores y aplicar las normas de trabajo. Su total comprensión y la de las cláusulas pertinentes del convenio colectivo de trabajo, le permitirán tomar parte activa en el programa de primas por rendimiento, con perfecta confianza y seguridad en sí mismo.



administración del Plan de Primas por Rendimiento

(CONTINUACION)

2 PARTICIPACION en el PROGRAMA de PRIMAS

Aunque los ingenieros de organización han adquirido una formación especializada para determinar
los mejores métodos de realizar una tarea, medir el trabajo y aplicar y administrar las primas por ren
dimiento, el éxito de este programa depende en gran parte de su sentido de la responsabilidad, de
su participación activa y de su habilidad para hacer frente a sus numerosas responsabilidades en el
establecimiento de normas de trabajo y en la administración de primas dentro de su esfera de actuación.

Este manual explica la mayor parte de sus responsabilidades en cuanto a la preparación de la tarea a
estudiar, la continua vigilancia de las normas de trabajo y la administración del plan de primas. Con el
conocimiento adecuado de estas responsabilidades, la participación activa en el programa de primas
y la utilización correcta de la ayuda del departamento de organización y de otros departamentos ase
sores, comprobará usted que las muchas ventajas de las primas por rendimiento pueden conseguirse
con un mínimo de dificultades.

3 CORRECTA APLICACION de las PRIMAS

La política de la empresa consiste en fijar unas normas de trabajo correctas y equitativas y
aplicarlas a aquellas tareas que, en opinión de la empresa, se presten al sistema de primas por
rendimiento. Con esta política, las normas de trabajo deberán aplicarse a todas aquellas tareas
en que sean de aplicación práctica. No obstante, por varias razones no siempre es posible aplicar
las normas a todas las tareas. **DEBE SIEMPRE RECORDARSE QUE EL CONCEPTO FUNDAMEN
TAL DE LAS PRIMAS POR RENDIMIENTO SE BASA EN UN SALARIO EXTRA A CAMBIO DE UN
ESFUERZO EXTRA.** En algunas tareas, por estar sometidas al control ejercido por un proceso o
por la máquina, no es posible dar la oportunidad de un esfuerzo extra, ya que incluyen tiempos
de observación. En esta clase de tareas las normas de trabajo no deben emplearse simplemente como
un medio para aumentar las ganancias del operario, sino que se tratará de que en ellas figure un esfuer
zo adicional necesario, mediante combinación de operaciones o añadiendo otro trabajo, a fin de que
sea práctica la aplicación de una norma de trabajo. Cuando se inicia la ejecución de nuevas tareas, es
muy frecuente que las condiciones del herramental o de la maquinaria hagan imposible la fijación inme
diata de una norma de trabajo. Muchas veces, con una adecuada planificación previa se pueden eliminar
estos problemas, pero si existen condiciones adversas, deben corregirse inmediatamente, a fin de
que pueda fijarse una norma y de que el obrero tenga oportunidad de ganar más. Si duda usted de
la oportunidad de aplicar una norma, es buena idea consultar con el ingeniero de organización, quien
puede hacerle sugerencias que le ayuden a preparar más rápidamente la tarea para el establecimiento de
la norma.

Las estimaciones preliminares son una parte importante del programa de primas por rendimiento. Estan
concebidas para ser utilizadas hasta que la norma de trabajo pueda aplicarse en la nueva tarea c cuan
do se han hecho grandes cambios en las tareas existentes y no es posible establecer suplementos o
reducciones de tiempos. La estimación preliminar concede al operario una oportunidad de obtener ma
yores ganancias, con lo que, en general, se consigue mayor producción que en el caso de que la tarea se
diera a jornal. Con objeto de alcanzar estas ventajas, usted debe hacer lo necesario para que la estima
ción preliminar se fije antes que se le encargue al operario la nueva tarea. En la mayor parte de los casos,
la estimación preliminar puede hacerse antes de llegar a la fase de producción, con tal que al ingeniero
de organización se le dé información acerca de las condiciones de la tarea y de que se conozcan las veloci
dades y avances de la máquina o el valor de sus ciclos de trabajo. La estimación preliminar debe considerar
se como un método provisional de primas por rendimiento y deberá sustituirse por la norma de trabajo
dentro de las 40 horas de aplicación o antes, si es posible.

La responsabildad más importante para usted, como jefe del taller, en cuanto a la aplicación correc
ta de las primas por rendimiento, es la de comprobar que las normas fijadas a sus obreros no han
dejado de ser aplicables a la tarea, bien por alteración en sus condiciones o por cambio del método
manual. Y recuerde que esta responsabilidad exige que usted compruebe frecuentemente cada ope
ración, con el fin de verificar si se realiza exactamente como cuando se estableció la norma de tra
bajo y, en caso contrario, dar cuenta inmediata de los cambios al Departamento de Organización,
a fin de que la norma pueda revisarse.

4 COMUNICACION con los EMPLEADOS

Con frecuencia, muchos de los problemas que se encuentran en la aplicación de las primas por ren
dimiento obedecen a la falta de comprensión entre el personal, los mandos intermedios y los inge
nieros de organización y pueden eliminarse mediante mejores relaciones. El personal sometido a
prima debe saber cómo se elaboran las normas de trabajo y cómo se aplica el plan de primas
por rendimiento. Como es natural, para obtener esta información se dirigen a sus superiores, y
algunas veces, a causa de la complejidad técnica de estas cuestiones, usted necesitará diri
girse al ingeniero de organización para que le ayude a elaborar su respuesta. Cualquiera que
sea la ayuda necesaria, es importante que usted conteste todas las legítimas preguntas que le
haga su personal referentes a las primas por rendimiento. Con esta actitud pueden eliminarse
muchos de sus problemas, así como también el llamado "misterio" de las primas por rendimiento.

La investigación sobre la actitud de los empleados, llevada a cabo por la Universidad de Michigan,
ha demostrado que el personal queda más satisfecho de las primas por rendimiento cuando com
prueba que los mandos explican claramente el sistema de las mismas y las razones de los cam
bios que afectan a sus tareas. Es importante que existan buenas relaciones entre el personal y
sus mandos.

Es igualmente importante que usted no haga observaciones irreflexivas, que den a los obreros una
impresión incorrecta de las primas por rendimiento. Por ejemplo, si usted dice a un empleado, o lo da
a entender, que la norma es "demasiado estrecha", dará una conclusión en términos generales
que tiene poco significado para cualquiera y que puede interpretarse como una crítica hacia la
política de primas seguida por la empresa. Toda crítica generalizada de este tipo puede conse
guir rápidamente que el personal se considere tratado injustamente. Por el contrario, puede ser
útil la crítica específica de una norma de trabajo. Por ejemplo, si usted dice: "Esta norma no
tiene en cuenta el aumento del tiempo correspondiente al ciclo de máquina y deberá revisar
se para su modificación", estará ejerciendo correctamente su responsabilidad en cuanto a mante
ner la efectividad de las normas. Recuerde que a usted se le criticará por sus observaciones nega
tivas y generalizadas, pero se le ensalzará si hace críticas constructivas, encaminadas a corregir
errores específicos.

5 ADMINISTRACION del CONVENIO COLECTIVO

Las cláusulas relativas a primas que figuran en el convenio colectivo dan al personal la seguridad
de un trato justo en la aplicación y administración del programa de primas por rendimiento y fi
jan también las condiciones para un buen plan de primas por rendimiento que continuará conce
diendo muchos beneficios al personal, clientes y empresa. Su conocimiento y aplicación correcta de
los acuerdos del convenio pueden tener un gran efecto sobre el éxito continuado del Plan
Maytag de primas por rendimiento.

PROBLEMAS

CAPÍTULO I

Defínase el estudio de movimientos y tiempos de acuerdo con *a)* Taylor; *b)* Gilbreth, y *c)* Farmer (1).

Explíquese por completo el significado de la frase *manera más económica de hacer un trabajo; hallar el método preferible.*

La función del estudio de movimientos y tiempos forma parte frecuentemente del departamento de organización de la producción. Dibújese un organigrama de una empresa de tipo medio, señalando en él el lugar que ocupa el Departamento de Organización de la Producción (2).

Nómbrense dos "herramientas" pertenecientes al amplio campo del estudio de movimientos y tiempos que, a juicio del lector, se ajusten más a las condiciones señaladas en el párrafo de Lord Kelvin que a continuación se cita. Razónese la elección.

"Digo a menudo que cuando se puede medir aquello de que se está hablando y expresarlo en números, sabemos algo acerca de ello; pero cuando no se puede medir, ni expresarlo en números, entonces el conocimiento no es ni suficiente ni satisfactorio; podrá ser el comienzo del conocimiento, pero, cualquiera que sea la materia de que se trate, apenas se habrá llegado al campo científico."

Durante los últimos veinticinco años ha cambiado el campo del estudio de movimientos y tiempos. Descríbanse algunos de los cambios acaecidos en dicho período.

CAPÍTULO II

Después de leer *Scientific Management,* de Frederick W. Taylor, dése un resumen de la Vida de Taylor (3).

Compárese el estudio de tiempos y movimientos, tal como se concibe y aplica en la actualidad, con el concepto que Taylor tenía de él.

Resúmanse las investigaciones de Taylor sobre: *a)* manipulación de lingote de hierro; *b)* corte de metales, y *c)* traspaleo.

Bosquéjese la vida de Frank B. Gilbreth.

Resúmanse las investigaciones de Gilbreth sobre: *a)* albañilería; *b)* trabajo en la Compañía New England Butt (4), y *c)* trabajo para los mutilados (5).

) ERIC FARMER: "Time and Motion Study", Industrial Fatigue, Research d, *Informe 14,* H. M. Stationery Office, Londres, 1921. Véanse también C. S. ιs, *Industrial Psychology in Great Britain,* Jonathan Cape, Londres, 1926; . VITELES, *Industrial Psychology,* W. W. Norton & Co, Nueva York, 1932.

2) National Industrial Conference Board, "Industrial Engineering Organin and Practices", *Studies in Business Policy,* núm. 78. Nueva York, 1956. e también R. A. FORBERG: "Administration of the Industrial Engineering ity", *Proceedings Twelfth Industrial Engineering Institute,* Universidad de ornia, Los Angeles-Berkeley, págs. 22-30, febrero, 1960.

3) FREDERICK W. TAYLOR: *Scientific Management,* Harper and Brothers. a York, 1947.

4) JOHN G. ALDRICH: "The Present State of the Art of Industrial Manant" *Transactions of the ASME.* Vol. 34, págs. 1182-87, 1912.

5) F. B. y L. M. GILBRETH: *Motion Study for the Handicapped,* George ledge & Sons. Londres, 1920.

11. Expónganse las críticas fundamentales sobre el estudio de movimientos y tiempos y valórese cada una de ellas (6) a la luz de la mejor práctica actual.
12. Examínese la ampliación del objetivo de la técnica de organizar la producción. Descríbanse algunos cambios en el campo de la misma que ocurrirán probablemente al aumentar la aplicación de conocimientos matemáticos y estadísticos, y de equipos electrónicos de elaboración de datos.
13. Hágase una lista de las actividades de cuya aplicación es directamente responsable el departamento de organización de la producción (7).
14. Dentro de la empresa ¿a quién debe dirigir sus informes el jefe del departamento de organización de la producción? (7).

CAPÍTULO III

15. Hágase una lista de todos los procedimientos posibles para unir dos hojas de papel de hilo de dimensiones 216 × 279 mm. y 9 kg. de peso.
16. ¿Cuáles son las condiciones esenciales para que tenga éxito una sesión de "tempestad de ideas"?
17. Formúlese cada uno de los siguientes problemas: *a)* crecimiento y curado del tabaco; *b)* protección de una casa contra el fuego; *c)* proyecto de un aparato telefónico, o sea, microteléfono, disco, timbre y elementos auxiliares en una sola unidad. Al plantear el problema hágase constar lo que se desconoce, lo que es conocido y lo que se desea.
18. Desarróllese un plan para el cuidado del césped. En él deberá figurar la preparación del terreno, plantación, riego, fertilización, siega y retirada de la hierba cortada.
19. Discútase la siguiente afirmación, debida a Maquiavelo: "No hay nada más difícil de emprender, más peligroso para llevarlo a cabo, o más incierto en su resultado, que tomar la iniciativa para la introducción de un nuevo orden de cosas."

CAPÍTULO IV

20. ¿Cuáles son los factores que influyen sobre la extensión en que se puede utilizar provechosamente el estudio de movimientos y tiempos?
21. Indíquese la extensión de un estudio de movimientos y tiempos para el departamento de una fábrica con la que se esté familiarizado.
22. Explíquese la *ley de rendimientos decrecientes* en relación con la perfección deseada en el programa de estudio de movimientos y tiempos en una fábrica.
23. Obténgase información relativa a la instalación real de un elemento de producción y determínese el número de años necesario para que los ahorros en los costes de trabajo paguen el coste inicial, y el tanto por ciento anual del rendimiento sobre la inversión.

CAPÍTULOS V, VI Y VII

24. Determínense las especificaciones, proyéctese un carrete capaz de contener 30 metros de película cinematográfica de 16 mm. y estúdiese el proceso de fabricación de dicho producto. Supóngase para los próximos cinco años un volumen anual de producción de 500.000 carretes de cada uno de los modelos

(6) WILLIAM GOMBERG: *A Trade Union Analysis of Time Study,* 2.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955; R. F. HOXIE: *Scientific Management and Labor,* D. Appleton & Co. Nueva York, 1915; RALPH PRESGRAVE: *The Dynamics of Time Study,* McGraw-Hill Book Co. Nueva York, 1945; RICHARD S. UHRBROCK: *A Psychologist Looks at Wage Incentive Methods,* American Management Association. Nueva York, 1935.

(7) RALPH M. BARNES y J. L. MCKENNEY: *Industrial Engineering Survey,* Universidad de California. Los Angeles, 1957.

A y B que se detallan a continuación. Se dispone de seis meses para el proyecto y comprobación del equipo y métodos de producción.

A. *Carrete para película virgen (véase Fig. 351).*

La distancia entre las bridas debe mantenerse dentro de las tolerancias especificadas. Si la distancia entre ambas fuera demasiado pequeña, se dañaría la película al enrollarla sobre el carrete. Y si la distancia fuera demasiado grande, podría infiltrarse la luz entre las bridas y la película, velando esta. En las especificaciones deben figurar también el espesor y diámetro de las bridas y del tambor, dimensiones de agujeros y perforaciones, y la clase y calidad del barniz de revestimiento. Evidentemente, las dimensiones exteriores del carrete deben permitir su colocación en la cámara cinematográfica.

B. *Carrete para película revelada (véase Fig. 352).*

Este carrete sirve para guardar la película y para su proyección.

25. Sugiéranse los cambios que se podrían hacer con el fin de reducir el tiempo y el esfuerzo requeridos para prepararse a regar el jardín (véanse Figs. 23 y 24). Hágase un diagrama del proceso y un diagrama del recorrido del método propuesto.
26. Trácense los diagramas del proceso y del recorrido de un dentista cuya actividad le exige el uso de un cuarto de trabajo o laboratorio, así como asistir al paciente en el sillón.
27. Suponga que usted se ha ofrecido a ayudar a un club juvenil a construir 5.000 cajas de madera (fig. 353) y a llenarlas con confites. Las cajas se venderán en una fiesta local, a fin de obtener ingresos para el club. Los costados y fondo de cada caja se harán de madera contrachapada de 6 mm., y la tapa de pino blanco sin nudos, fijándola al cuerpo de la caja por medio de una cinta adhesiva. No se le dará absolutamente ninguna clase de pintura o de acabado. Desarrolle el método más económico para cada operación y diseñe las plantillas y dispositivos necesarios para la confección y montaje de diversos elementos, y para llenarla con pequeños confites. Trace los diagramas del proceso y del recorrido.
28. Constrúyase un diagrama del proceso y un diagrama del recorrido para
    a) Escribir una carta y enviarla al correo.
    b) Preparar un bocadillo de queso.
    c) Construir un engranaje pequeño de fundición gris.
    d) Vestirse, tomar el desayuno y salir de casa por la mañana.
    e) Lavar un montón de ropa en un lavadero comercial o casero.

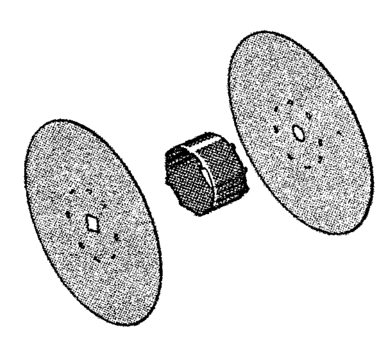


FIG. 351.—Piezas de carrete para película virgen.

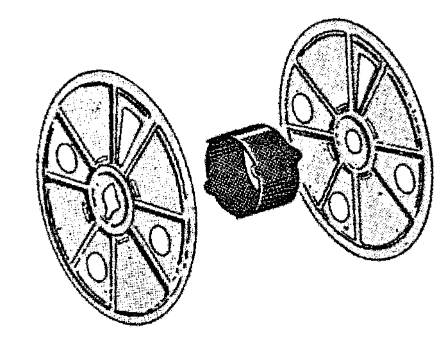


FIG. 352.—Piezas de carrete para película revelada.

29. Búsquese el perfeccionamiento del problema 28 *a, b, c, d* y *e*, y constrúyase un diagrama del proceso y uno del recorrido del método nuevo.

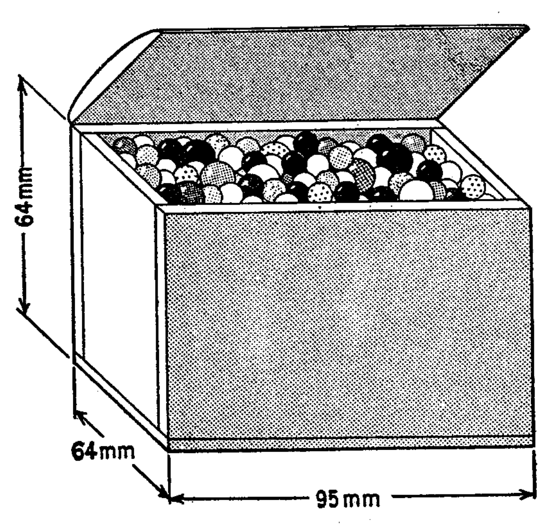


FIG. 353.—Caja para confites.

CAPÍTULO VIII

30 Dibújese un diagrama hombre-máquina relativo a un operario que maneja dos tornos semiautomáticos. El ciclo consiste en *colocar pieza,* 1/2 minuto; *tiempo de máquina,* 1 minuto (la máquina se para al acabar el corte), y *retirar pieza,* 1/4 de minuto. Las dos máquinas son iguales y cada una de ellas realiza la operación y se para automáticamente. El diagrama se inicia cuando el operario, al comenzar la jornada, pone en marcha las dos máquinas, estando ambas sin pieza, y continúa hasta que cada máquina ha completado dos ciclos, o sea hasta que ha producido dos piezas. El diagrama hombre-máquina deberá tener una columna para el operario y una columna para cada una de las máquinas números 1 y 2.

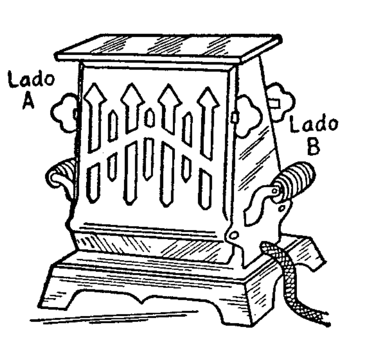


FIG. 354.—Tostador eléctrico.

31. El tostador eléctrico de la figura 354 funciona a mano e independientemente cada lado. Un muelle sostiene cerrado cada lado del tostador y se ha de abrir cada uno para meter el pan que se va a tostar. ¿Cuál es el método que usted recomienda para obtener la mejor utilización del equipo, esto es, el tiempo total más corto, cuando se tuestan tres rebanadas de pan en dicho tostador, suponiendo que este está caliente y dispuesto para tostar el pan? A continuación se dan los tiempos elementales necesarios para ejecutar la operación. Supóngase que ambas manos ejecutan sus tareas con el mismo grado de eficacia.

	Segundos
Colocar la rebanada de pan en uno u otro lado del tostador	3
Tostar uno u otro lado de la rebanada ...	30
Darle la vuelta al pan en uno u otro lado del tostador	1
Sacar la tostada de uno u otro lado del tostador	3

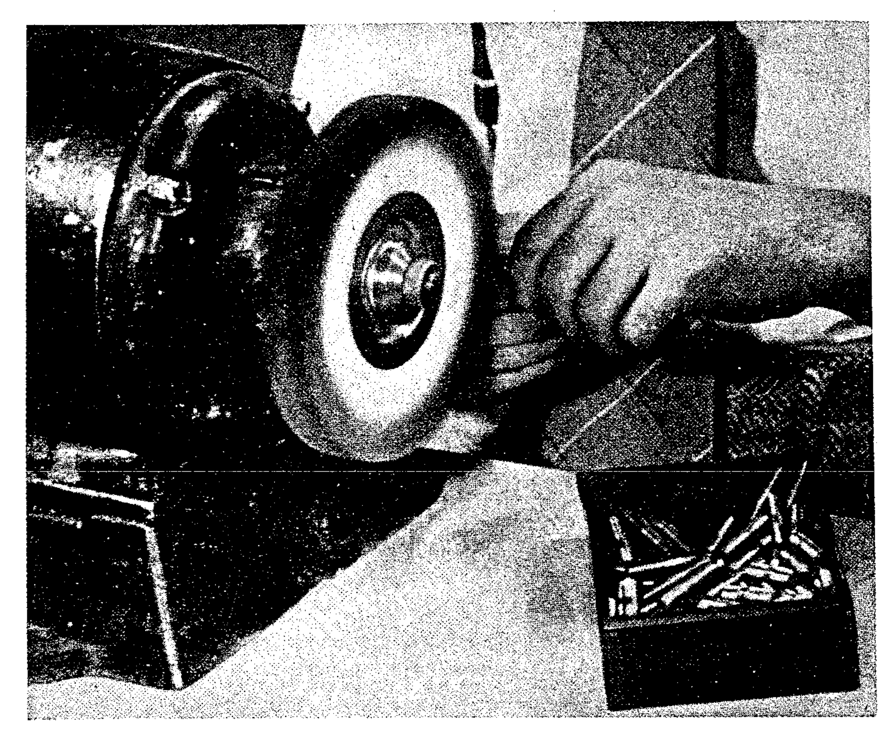


FIG. 355.—Desbarbado de espárragos para motores de aviación (método antiguo).

Hágase un diagrama hombre-máquina de esta operación.

32. Hágase un diagrama hombre-máquina del lavado de un montón de ropa en un lavadero casero o comercial.

33. Hágase un diagrama hombre-máquina de *a)* un operario que, con una sierra para metales, corta piezas de 1,25 cm., partiendo de una barra de acero de 2,5 cm., *b)* de un operario que hace la misma tarea con dos sierras análogas.

34. En una fábrica de motores de aviación se fabrican cada año cien mil espárragos de 10 × 1,2 cm., los cuales deben labrarse cuidadosamente y después de haber sido roscados, son desbarbados, operación que se realiza aplicando el extremo de cada uno de ellos contra una piedra de esmeril y haciéndolo girar a mano, como indica la figura 355. Desarróllese un método mejor para ejecutar la operación.

35. A unas tablillas de madera para modelos, cuyas dimensiones en milímetros son 19 × 89 × 4880, se les da una primera capa de pintura blanca, de la manera siguiente. Las tablillas se llevan al departamento de pintura sobre una carretilla especial. El operario coloca tres tablillas sobre una mesa y luego, empleando un pistolete de pulverización, avanza y retrocede tres veces, para pintar una tablilla cada vez. Entonces da vuelta a las tablillas y pinta el otro lado, repitiendo los movimientos indicados. Finalmente, las devuelve a los anaqueles de la carretilla, sobre los cuales las deja secar. Desarróllese un método mejor para realizar la operación, suponiendo que, empleando el presente método, hay tarea suficiente para que un operario se dedique a ella durante toda la jornada laboral.

CAPÍTULO IX

36. Hágase un diagrama de la operación de la mano izquierda y de la mano derecha de:
   a) Encender un cigarrillo.
   b) Taladrar una hoja de papel en una taladradora de tres agujeros.
   c) Colocar una pieza en el mandril de un torno.
   d) Taladrar un agujero en la extremidad de una barra cuadrada de acero.
   e) Montar una armadura de muelle de un refrigerador (véase figura 356).

37. Hágase una lista de los movimientos de la mano derecha y de la mano izquierda utilizados para abrir una botella con el tipo de destapador corriente. La mano izquierda se dirige a la parte posterior de la mesa, coge la botella y la lleva al borde frontal de la mesa en una posición conveniente para abrirla. La mano derecha tiene ya el destapador, lo lleva a la chapa de la botella y retira la cápsula.

38. Búsquese un método mejor para montar abrazaderas (véase página 112). Supóngase que hay una producción suficiente para mantener a dos operarios trabajando en esta tarea cuarenta horas a la semana durante el año próximo. Hágase un diagrama de operación de la mano derecha y de la mano izquierda con el método propuesto.

CAPÍTULOS X Y XI

39. ¿Por qué se ha utilizado cada vez más el estudio de micromovimientos en los últimos años?

40. Los Gilbreth hicieron películas a velocidades superiores a la de 2.000 imágenes por minuto e inferiores a la de una imagen cada diez minutos. ¿Cuándo puede ser conveniente tomar películas a cada una de estas velocidades?

41. Póngase un ejemplo de cada uno de los 17 *therbligs*, por medio de una operación con la que se esté familiarizado.

CAPÍTULO XII

42. Examínense tres tipos diferentes de cámara tomavistas y proyectores y valórense las principales características de cada uno para su utilización en el estudio de movimientos, estudio registrado de movimientos y estudio de micromovimientos.

43. Explíquese la relación entre la "velocidad" y el "ajuste focal" de una cámara.
44. Descríbase un objetivo gran angular, uno de foco regulable y un teleobjetivo, y establézcase en qué circunstancias debe emplearse cada uno.
45. Algunas cámaras tomavistas están provistas de un obturador variable. Descríbase cómo funciona este e indíquese en qué condiciones puede ser deseable disponer de una cámara provista de dicho dispositivo.
46. Descríbase el uso de un fotómetro.

Capítulo XIII

47. Hágase una película, a velocidad normal, de:
   a) Taladrar un agujero de 6 mm. en la extremidad de un eje pequeño de acero.
   b) Coger una pluma estilográfica y escribir.
   c) Meter una carta en el sobre y pegarlo.
   d) Coser dos fichas de 7 por 12 cm.
48. Hágase una película, a 50 imágenes por minuto, de:
   a) Una cuadrilla vertiendo hormigón.
   b) Tres o cuatro hombres levantando un muro de ladrillo.
   c) Una cuadrilla de obreros reparando un socavón en una calle.
   d) Operarios en el mostrador de comprobación de un supermercado.

Capítulo XIV

49. Hágase una hoja de análisis de las siguientes operaciones (anótense los *therbligs* de las dos manos, omitiendo los valores de tiempo):
   a) Montar las piezas de un bolígrafo.
   b) Afilar un lápiz con máquina saca puntas.
   c) Taladrar un agujero en un bloque de madera.
0. Analícese la película de las operaciones del problema 47 y regístrense los datos en una hoja de análisis similar a la mostrada en la fig. 100.
1. Hágase un simograma de las operaciones del problema 47. Utilícese un impreso similar al mostrado en la fig. 101.

Capítulo XV

2. Hágase un estudio de tres métodos diferentes de unir con cola pliegos de ocho páginas de 216 × 280 mm.
3. Determínese el tiempo necesario para llenar el tablero de clavijas representado en la figura 87, en cada una de las condiciones siguientes:
   a) Clavijas con punta cónica, colocadas en agujeros biselados, utilizando movimientos simultáneos de ambas manos.
   b) Clavijas con punta rectangular, colocadas en agujeros sin bisel, empleando movimientos simultáneos de ambas manos.
4. Estúdiese una operación de pintar con pistolete, determinando el porcentaje de tiempo en que el operario pinta realmente el objeto y el porcentaje de tiempo en que el pistolete está "pintando el aire".
5. Descríbanse los medios que pueden emplearse para medir el tiempo de los movimientos fundamentales de las manos, con fines de investigación.

Capítulo XVI

56. Fíjese detalladamente el procedimiento que debe emplearse para proyectar el asiento delantero de un automóvil a fin de conseguir la máxima comodidad (especialmente para el conductor) para el caso de viaje "por todo terreno".
57. Proyéctense los siguientes aparatos ideales: *a)* despertador; *b)* abrelatas; *c)* sacacorchos, o *d)* panel de control para un ascensor automático.
58. Estúdiese el proyecto de controles de funcionamiento y de señales ópticas de cada uno de los siguientes elementos: *a)* radio-reloj; *b)* segadora mecánica para césped; *c)* motora; *d)* hormigonera, y *e)* receptor de televisión. Prepárese un informe escrito sobre las características buenas y malas del proyecto, y mejoras recomendadas.
59. Proyéctese un experimento para la valoración de los dos diferentes métodos de llenar el tablero de clavijas, descritos en la página 142, suponiendo que se trata de una operación que se realiza regularmente en un taller.

Capítulos XVII, XVIII y XIX

Determínese el método más económico de ejecutar las operaciones descritas a continuación. Prepárese una hoja de instrucciones del método propuesto, mostrando el movimiento de las dos manos. Inclúyase una disposición del lugar de trabajo.

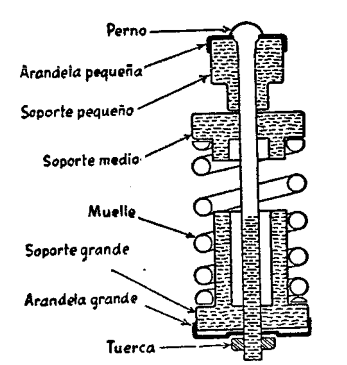


Fig. 356.—Armadura de muelle para refrigerador.

60. Un fabricante de utensilios eléctricos ha recibido un pedido de 50.000 clavijas para conectar el flexible a una plancha eléctrica. Las entregas de clavijas se harán en plazos iguales de 2.000 piezas al día. Determínese el método más económico para hacer el montaje final de esta unidad.
61. La Miller Refrigerator Company ha recibido un pedido de 100.000 armaduras de muelle similares a las mostradas en la figura 356. Determínese el método más económico de montar las piezas.
62. Un fabricante de escritorios utiliza varios montajes de arandelas y tornillos de madera de cabeza redonda (véase fig. 357) en el montaje final de uno de sus productos. Los pedidos existentes indican que, durante seis meses, se necesitarán 100.000 montajes de los arriba mencionados, al mes. Partiendo de esta base (un total de 600.000 montajes de tornillo y arandela), determínese el método más económico de hacer los montajes.
63. En una carpintería mecánica corriente hay que hacer 500 trompos análogos a los representados en la figura 358. Las piezas se montan forzando la clavija principal a través del agujero común a los dos cuerpos y quedan

sujetas unas a otras por rozamiento. Determínese el método, proyéctense las plantillas y dispositivos necesarios y hágase una hoja de la operación de elaborar y montar las tres piezas, de acuerdo con los datos que siguen:

a) Clavija central.—Pieza núm. 100; material: tacos de 6 × 915 mm.

b) Cuerpo menor.—Pieza núm. 105; material: tacos de 50 × 915 mm; en el centro de cada pieza se taladrará un agujero de 5,5 mm.

c) Cuerpo mayor.—Pieza núm. 110; material: tacos de 60 × 2.440 mm; en el centro de cada pieza se taladrará un agujero de 5,5 mm.

FIG. 357.—Montaje de tornillo de madera y arandelas; *A*, tornillo de madera, 4,75 × 57 milímetros; *B*, arandela de acero, 12,7 mm de diámetro exterior, 5,5 mm diámetro del agujero, 1,5 mm de grosor; *C*, arandela de fibra; *D*, la punta del tornillo está recubierta de cera de abejas en 25,4 mm.

64. Se ha recibido un pedido de 10.000 barcos de juguete análogos al representado en la figura 359. Estos juguetes son de madera y deben entregarse sin pintura ni otro tipo de acabado.

a) Proyéctense las plantillas y dispositivos necesarios para elaborar y montar las tres piezas, suponiendo que pueden emplearse máquinas corrientes para trabajar la madera. El montaje se realiza forzando la chimenea a través de los agujeros practicados en camarotes y casco. Las tres partes quedan unidas mediante rozamiento. El material para la chimenea se suministra en forma de tacos de 12 mm. de diámetro y 915 mm. de longitud; para los camarotes, listones de pino de 19 × 19 × 305 mm, y para el

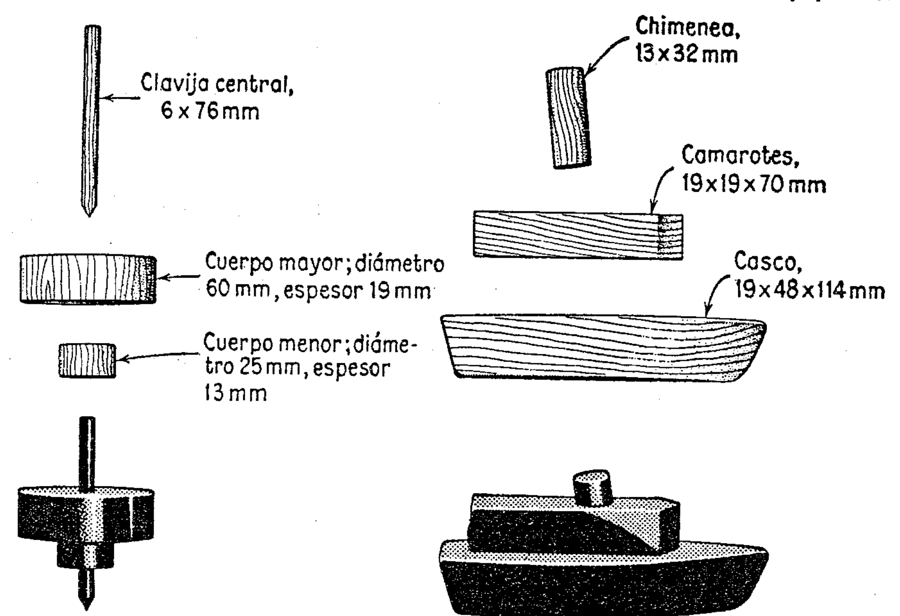


FIG. 358.—Piezas de un trompo, sueltas y montadas.

FIG. 359.—Piezas de un barco de juguete, sueltas y montadas.

casco también listones de pino de 19 × 70 × 305 mm. Se lijarán las superficies visibles de todas las piezas y las partes angulosas también, pero ligeramente.

b) Hágase una hoja de operaciones para la elaboración de cada una de las tres partes del juguete y para el montaje de las mismas.

c) Constrúyanse las plantillas y dispositivos proyectados en *a)*.

d) Utilizando estudios de tiempos, determínese el tiempo tipo para cada operación y calcúlese el coste de mano de obra directa, tomando como base los salarios predominantes en la localidad para esta clase de trabajo.

e) Determínese el coste total de fabricación del juguete, teniendo en cuenta el obtenido en *d)*. El coste de materiales es el siguiente: tacos de 12 mm, 0,6 ptas/m; listones de 20 × 20, 1,20 ptas., y listones de 20 × 70, 3,30 ptas. Los gastos generales son el 100 por 100 del coste de la mano de obra directa.

65. En la actualidad, tarros de vidrio vacíos (medio litro de capacidad) que han de llenarse con escabeche, se colocan sobre una cinta transportadora y pasan a través de una máquina que, automáticamente, añade una determinada cantidad de vinagre a cada tarro. A continuación, pasan los tarros frente a un primer grupo de dos operarios, quienes añaden cebolla picada, con una cuchara de medida, de un depósito situado frente a ellos. Los tarros parcialmente llenos pasan después frente a un segundo grupo de dos operarios, que añaden especias. Estos obreros trabajan con ambas manos y añaden especias a dos tarros a la vez. Los tarros pasan entonces a otra máquina automática, en la que se llenan con escabeche y se precintan. Suponiendo que hay bastante trabajo para mantener dos líneas de dos operarios trabajando continuamente durante seis meses al año, ocho horas por día y cinco días por semana, desarróllese un método mejor para las adiciones de cebolla picada y de especias a los tarros.

66. Una aleación de cinc se cuela en barras cuyo peso unitario aproximado es de 5 kilogramos; 88 de ellas se apilan sobre una carretilla especial y se atan "in situ" con fleje de acero, para entregarlas al cliente. Estas barras se emplean principalmente para piezas de fundición inyectada. El cliente devuelve al proveedor las carretillas vacías. Idéese un método que elimine la necesidad de las carretillas.

67. Hágase un simograma ojo-mano de una de las operaciones filmadas en el problema 47.

CAPÍTULO XX

68. Visítese una fábrica u oficina en la que se haya instalado, en los últimos dos años, equipo automático o semiautomático. Obténgase datos relativos a los puntos siguientes: *a)* extensión en que fue mejorada la parte manual de la operación antes de ser mecanizada esta; *b)* el número de marcas o tipos diferentes considerados antes de efectuar la compra; *c)* el método de evaluación de: 1) producción horaria; 2) coste unitario del producto; 3) coste de entretenimiento del equipo, y 4) costes de envejecimiento o depreciación del equipo; *d)* clase de información dada al personal antes, durante y después de la instalación del equipo y forma en que se dio; *e)* si el equipo ha sido instalado hace bastante tiempo, determínense los efectos inmediatos y a largo plazo de la introducción del nuevo equipo sobre el grado de empleo en el departamento y en el conjunto de la fábrica.

69. Obténgase información acerca de una operación determinada de fabricación de alguna empresa industrial o asociación comercial, en la que figuren

las relaciones entre *a)* producción por hombre-hora; *b)* salario horario base del obrero en esta operación, y *c)* coste de mano de obra unitaria para esta operación, tomada a intervalos durante los últimos 25 ó 50 años. Determínese en lo posible en qué medida los cambios observados han sido debidos a la mecanización.

Capítulo XXI

70. Hágase un estudio de cinco cadenas diferentes de montaje y detérminese su desequilibrio, o sea el "tiempo de espera" para el obrero que tenga la mínima carga de trabajo o tarea más breve. Preséntense varios procedimientos de reducir el desequilibrio en cada uno de los casos.
71. Estúdiense y valórense los distintos argumentos que puedan proponerse contra la división del trabajo y la especialización de la tarea, tanto en el taller como en la oficina.
72. Investíguese un caso real de instalación de línea de montaje y hágase una comparación de cada factor de coste antes y después de su instalación.
73. Hágase un estudio del método y tiempo necesarios para lavar un coche empleando tres sistemas o grados diferentes de mecanización. Determínese el sistema preferible y prepárese el informe apropiado.

Capítulo XXII

74. Prepárese una hoja de instrucciones normalizadas para los Problemas 60, 61 y 62.
75. La fábrica de Londres de una empresa americana está a punto de comenzar la fabricación de cajas metálicas, como la representada en la figura 73. El director de la fábrica de Londres ha pedido una descripción del método utilizado en la fábrica central. *a)* Bosquéjese la información esencial que se ha de incluir en una película de una operación sencilla de *troquelar* y *estirar*, necesaria para hacer ese tipo de caja; *b)* prepárense los datos complementarios que deben acompañar a la película.

Capítulo XXIII

76. Expónganse los argumentos que se suelen presentar en favor del salario por horas frente al salario con primas por rendimiento, para remunerar a los trabajadores de una fábrica.
77. Enúnciense las diversas formas en que una empresa puede obtener beneficios aplicando un buen sistema de primas por rendimiento para remunerar la mano de obra directa. La empresa está bien dirigida y emplea aproximadamente 1.500 personas en trabajos directos de fábrica. En su mayor parte las operaciones son de ciclo corto, repetitivas y controladas por el obrero.
78. Entreviste a cinco de sus conocidos que estén trabajando en una fábrica o una oficina. Analice sus comentarios sobre la cuestión del estudio de movimientos y tiempos.
79. Usted es el encargado de un departamento de montaje de una fábrica de material eléctrico. Durante un período de dos años ha habido un programa de estudio de movimientos y tiempos que ha funcionado con pleno éxito en su departamento. John Willis, uno de sus mejores empleados, le pregunta si los resultados de ese estudio no serán menos empleos y menos trabajo para los empleados de la fábrica. ¿Qué contestará?

80. Cincuenta obreros están empleados en un departamento en el que ejecutan operaciones manuales de diversas clases y de ciclo corto. Se aplica un plan individual de primas por rendimiento, sin restricciones a la producción. Los tiempos tipo han sido establecidos mediante estudio de tiempos con cronómetro. El treinta por ciento de los operarios del departamento, tienen números índice (nivel de actuación) que van del 175 al 200 por 100 (100 % = actuación normal). El jefe del taller considera que estos valores tan elevados se deben a unos tiempos tipo incorrectos.
    a) Enumérense otros tres factores que puedan influir en el elevado índice de actuación de este grupo, discutiendo detalladamente cada uno de ellos.
    b) ¿Qué procedimiento puede emplearse para saber si los tiempos tipo no son correctos?
81. El director de una fábrica de maquinaria agrícola que emplea 150 obreros no sindicados, decía recientemente: "Queremos que nuestros obreros se sientan integrados en la empresa, y parte de un mismo equipo. Actualmente estimulamos a cada uno de nuestros operarios para que encuentre su propio método de trabajo y alentamos a grupos (los empleados de un departamento) para que ellos mismos dispongan el equipo del departamento y cambien otros detalles del trabajo, pues el objetivo consiste en dar a los empleados una participación real en el funcionamiento de la empresa."
    a) Discútanse ampliamente las ventajas e inconvenientes, tanto para la dirección como para los empleados, de un plan en el cual los obreros de la fábrica "dirigen sus propias tareas" frente a un plan en el cual especialistas preparados desempeñen el papel principal en la "organización del trabajo". Al contestar a esta pregunta, expóngase el punto de vista personal.
    b) Según lo que usted conoce de su obra, ¿qué cree que hubiera respondido F. W. Taylor a la pregunta anterior?

Capítulos XXIV, XXV, XXVI y XXVII

Hágase un estudio con cronómetro de las operaciones siguientes, usando el método de la "media" para elegir el tiempo e incluyendo los suplementos debidos. Hágase una hoja de instrucciones para la operación.

82. Montaje de piezas de algún artículo pequeño, como la clavija de una plancha eléctrica.
83. Taladrado de un agujero en una pieza pequeña sostenida en una plantilla.
84. Torneado de una pieza en un torno.
85. Fresado de una pieza sujeta a la mesa con mordazas.
86. Cronométrense 10 ciclos de cualquiera de las operaciones anteriores. Utilizando la tabla XIV, determínese el número de lecturas que se precisan para cada elemento del estudio de tiempos, con precisión de ± 5 por ciento y nivel de confianza del 95 por ciento.
87. Cronométrense 32 ciclos de la operación mencionada en el problema anterior y determínese el número de lecturas que se precisan para cada elemento, utilizando las curvas de la figura 224.
88. Utilizando el ábaco de la figura 227, determínese el número de lecturas que han de hacerse para cada elemento del estudio del problema 87.
89. Dibújese un gráfico de control para cada elemento del estudio del problema 87.

90. El estudio de tiempos que se muestra seguidamente corresponde a la operación "montar y remachar bridas al cubo de un carrete metálico". La operación consiste en los dos elementos mencionados seguidamente:

Elemento 1.—Montar las bridas sobre el cubo. Se coge el cubo con la mano derecha y una brida con la izquierda. Se pone en posición el cubo sobre la brida y se coloca el conjunto sobre la clavija de la plantilla. Se coge la segunda brida y se pone en posición sobre el cubo con ambas manos. Se retira el montaje y se coloca sobre una mesa giratoria.

0,14	0,15	0,14	0,20*	0,15	0,20	0,18	0,17	0,19
0,18	0,14	0,17	0,19	0,13	0,15	0,17	0,17	0,19*
0,14	0,17	0,18	0,16	0,14	0,16	0,13	0,19	0,14
0,13	0,14	0,17	0,12	0,13	0,14	0,18*	0,14	

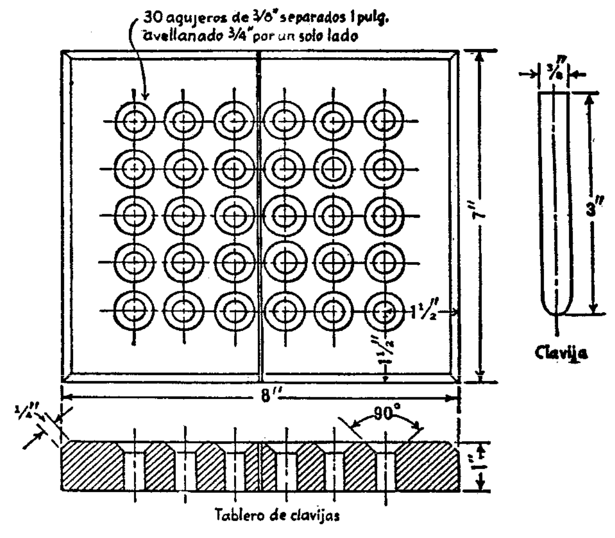


FIG. 360.—Detalles para la fabricación de clavijas y su tablero.

Elemento 2.—Remachado. La mano derecha se dirige al carrete situado sobre la mesa giratoria, mientras la izquierda retira y deja caer el carrete en la deslizadera. Se coge el carrete con la mano derecha, trasladándolo a la izquierda. Se coge con la mano izquierda. Se pone en posición con ambas manos y se remacha, accionando la máquina con un pedal.

0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06	0,09	0,07	0,07	0,06	0,07
0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07			

Con el ábaco de la figura 227, determínese el número de observaciones que se precisan para cada elemento de este estudio (con precisión de ± 5 por ciento y nivel de confianza de 95 por ciento).

* Adhesión de las bridas.

91. Hágase un tablero y unas clavijas de acuerdo con el dibujo mostrado en la figura 360, para llevar a cabo el experimento siguiente:

a) Determinar el tiempo requerido para llenar los treinta agujeros con treinta clavijas en cada una de las tres condiciones indicadas en la figura 361. Cronometrar cinco ciclos consecutivos y tomar la media.

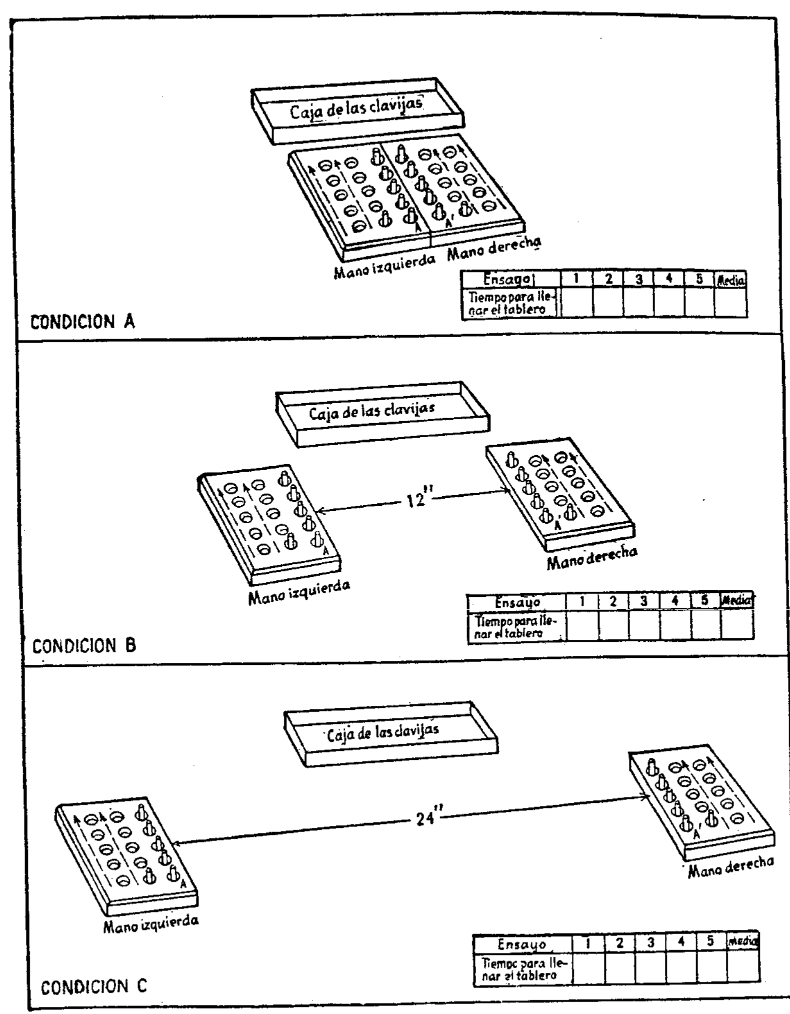


FIG. 361.—Disposición del lugar de trabajo para el estudio del tablero de clavijas.

b) Determinar el número de tableros que se podrían llenar en una jornada de ocho horas bajo cada una de las tres condiciones. Supóngase que un operario podría mantener la marcha utilizada en el experimento y que no se conceden suplementos por fatiga o por retraso.

c) Calcular, en forma de porcentaje, cuánto tiempo más se requiere para llenar el tablero de clavijas en la condición *B* que en la *A*, y en la condición *C* que en la *A*.
d) Calcular la distancia total en metros que recorrerían las dos manos al llenar 1.000 tableros en cada una de las tres condiciones.
e) Calcular, en forma de porcentaje, el recorrido suplementario que harían las manos en la condición *B* en relación con la *A* y en la condición *C* en relación con la *A*.

92. Hágase un estudio de tres o más tipos diferentes de puestos de control de ventas instalados en tiendas de autoservicio. Decídase un tamaño "normal" o "medio" de un pedido. Para cada uno de los diferentes tipos de control de ventas, determínese lo siguiente: 1) Clasificar; 2) Registrar; 3) Recibir el dinero; 4) Dar el cambio; 5) Poner en posición la bolsa; 6) Embolsar las mercancías, y 7) Otros trabajos.
a) Determínese la producción, expresada en pedidos por hora, de una persona que trabaja en el control de ventas, de dos personas y de tres personas.
b) Tomando como base el salario predominante en la localidad para esta clase de personal, determínese el coste de cada pedido, en las condiciones *a)*.

93. Dibújese una curva de distribución de frecuencias de las estaturas de un grupo típico de hombres, usando el *número de hombres* en cada intervalo de altura como ordenadas y la *altura en cm.* (en grupos de 2,5 cm.) como abscisas.

Altura en cm.	Núm. de hombres	Altura en cm.	Núm. de hombres
150	1	175	141
152,5	3	177,5	118
155	5	180	90
157,5	11	182,5	58
160	22	185	30
162,5	41	187,5	15
165	69	190	6
167,5	103	192,5	3
170	133	195	1
172,5	150		

94. Determínese la velocidad de marcha para hombres y mujeres. Mídase, sobre un terreno llano y uniforme, una longitud de 15 m. y, luego, a partir de un punto desde donde se pueda ver dicha distancia, cronométrese el tiempo que tarda una persona en recorrerla, utilizando para ello un cronómetro decimal de minuto. Obténganse los datos con personas que marchen aisladas y no en grupos. Hágase con estos datos la clasificación siguiente: primero, hombres y mujeres; segundo, grupos de tres edades (15 a 18, 18 a 50, 50 a 70), y luego, subdivídase cada uno de estos grupos, en cuanto a la altura, en bajos, medianos y altos. Los datos se pueden registrar en la forma que indica la figura 362.

HOMBRES ☐ MUJERES ☐ LUGAR FECHA TEMPERATURA HUMEDAD

Edad: 15 a 18			Edad: 18 a 50			Edad: 50 a 70		
Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto

FIG. 362.—Disposición de los datos del problema 94.

95. Hágase un estudio, de ocho horas, de un mozo de la limpieza, manipulador de material u otra persona dedicada a *trabajo indirecto*.

96. El 20 de julio, la Merit Toy Company instaló en la sección de lijado una mesa giratoria, movida por motor eléctrico, para poner al operario en condiciones de lijar 90 barcos de juguete por hora, en vez de los 60 horarios que se lijaban empleando el método manual anterior (véase problema 64). La velocidad de giro de la mesa es 1 vuelta por minuto. Su diámetro es de 483 mm. y está provista de tres cavidades para sujetar en ellas el casco del barco de juguete. El 25 de julio se empezó a aplicar un nuevo tiempo tipo para la nueva operación.

Método anterior. El operario lijaba los dos lados y la popa del barco con una lijadora de disco y, sobre una lijadora de banda, trabajaba los bordes agudos de la pieza.

Método mejorado. El contramaestre tuvo la idea de instalar un dispositivo giratorio, encargando a un mecánico su construcción e instalación en el puesto de trabajo. El operario se sienta ahora junto a la lijadora, retira un juguete y coloca otro en una cavidad de la mesa, a medida que esta gira ante él. Puesto que, cada vez, solo se lija un costado, hay que dar la vuelta a los juguetes después de lijar el primer costado. Dos pequeñas lijadoras mecánicas auxiliares (taladradora de mano con dispositivo para colocar lijadora) se colocan encima y debajo de la mesa. Estas dos lijadoras trabajan las aristas de ambos costados a medida que pasan por el disco lijador. El operario debe lijar además la popa y eliminar a mano, sobre la cinta lijadora, los ángulos superior e inferior de la misma. No obstante, puede hacerse esta operación durante el intervalo comprendido entre la colocación y la retirada de las piezas sobre la mesa.

El Sindicato ha protestado por el nuevo tiempo tipo, basándose en que: 1) no ha habido cambio en el método; 2) el nuevo tiempo tipo no es correcto; 3) no está justificado por parte de la dirección el cambio del tiempo tipo para esta operación.

El contrato entre la Empresa y el Sindicato contiene las cláusulas siguientes: *a)* El Sindicato acepta el principio de que las primas por rendimiento son una compensación voluntariamente ofrecida por la Empresa por una producción extra de calidad aceptable y que excede de lo que se considera una jornada normal de trabajo, correspondiente al salario base. *b)* El Sindicato acepta el plan de primas por rendimiento de la Empresa, incluyendo todos los tiempos tipo establecidos y los principios, técnicas y procedimientos de racionalización del trabajo de la Empresa. *c)* La Empresa no debe cambiar los tiempos tipo, excepto cuando exista un cambio definido en métodos, herramientas, instalaciones, especificaciones o materiales, que afecten a los tiempos tipo en más del 5 por ciento, y por mutuo acuerdo con el Sindicato. *d)* La cuestión que podrá someterse a arbitraje se limitará a determinar si las nuevas o revisadas normas de trabajo establecidas por la Empresa para una operación dada han sido adecuadamente fijadas dentro de los principios, técnicas y procedimientos de la Empresa concernientes a racionalización del trabajo, o, si no, en qué medida se han cometido errores en elementos de la tarea, cronometrajes o cálculos. El árbitro solamente actuará en los casos de variaciones de más del 5 por ciento sobre la norma propuesta y aceptará todos los tiempos tipo elementales establecidos por la Empresa. El Sindicato tendrá la obligación de presentar las pruebas.

Usted, que está al frente del Departamento de Normas y Métodos de la Empresa, ha de recoger, a petición del director general, los datos necesarios y preparar un informe para rebatir las quejas del Sindicato. Aunque el contrato con el Sindicato estipula que el procedimiento constará de tres etapas antes de llegar al arbitraje, en este caso particular se ha comunicado la queja directamente al director general, quien está especialmente interesado en el asunto.

El nuevo método ya se practica en el taller y, por lo tanto, el nuevo tiempo tipo, que fue establecido por el Departamento de Normas y Métodos, se puede comprobar. Puesto que el Sindicato no protestó contra el tiempo tipo del método anterior, que rigió durante varios años, puede suponerse que estaba fijado correctamente.

Describa el procedimiento que usted seguiría para obtener los datos que deben figurar en el informe solicitado por el director general.

97. *a)* Obtenga información acerca del "IBM Automatic Production Recording System" (8). Compare el empleo de este equipo con otros métodos de ejecutar una operación fabril determinada en una fábrica que a usted le sea familiar. *b)* Enumere las ventajas e inconvenientes del "IBM Automatic Production Recording System".

98. Visítese una fábrica que emplee el Sistema Autorate IBM. Descríbase y valórese dicho sistema.

Capítulo XXVIII

99. Determínese el tiempo tipo para taladrar la pieza del esquema situado en la parte inferior de la hoja de observaciones de la figura 217, si la pieza es de 44,5 mm. de diámetro y el tiempo real de taladrado es de 0,94 minutos. Utilícense las tablas de tiempos para taladros sensibles.

100. Determínese el tiempo requerido para fresar el hexágono, utilizando una fresa múltiple, en la pieza 612W-377A (véase fig. 256), si la dimensión *A* (longitud del hexágono) es de 28,5 mm, siendo las restantes dimensiones las indicadas.

Capítulo XXIX

101. Calcúlese el tiempo tipo para la talla de los dientes de un engranaje para cambio de marchas, análogo a la pieza 1670AG (fig. 259), si la longitud de la cara es 29,2 mm; diametral pitch (D. P.), 16; número de dientes (N), 60; diámetro del agujero, 31,7 mm; material, 4620; fresa madre, HBG 573. Engranaje recto rectificado. Pedido de 50 piezas.

102. Determínese el tiempo tipo requerido para la operación: *Soldar la costura lateral* de una caja rectangular de las siguientes dimensiones: longitud, 206 mm; anchura, 25 mm; altura, 216 mm.

Capítulo XXX

103. Determínese el tiempo tipo requerido para ejecutar la operación 4: *Labrar forma en bloque matriz* para el troquelado de la pieza mostrada en la figura 262. El troquelado es un cuadrado de 50,8 mm de lado, con esquinas redondeadas de 6,35 mm de radio. La calidad requerida es la clase *B*.

(8) "Now — Record Keeping Goes *Really* Automatic", *Factory Management and Maintenance,* vol. 114, núm. 10, págs. 94-97. Octubre, 1956.

Capítulos XXXI y XXXII

104. Hágase una comparación entre los tiempos predeterminados y el estudio de tiempos con cronómetro, con el fin de establecer tiempos tipo que han de emplearse como base para un plan de primas por rendimiento para mano de obra directa en operaciones repetitivas de ciclo corto.

105. En relación con la figura 276. Si se hace una abertura en el banco de trabajo, situada entre el dispositivo de sujeción y el depósito de material, y las piezas terminadas se dejan caer en esta abertura, en vez de hacerlo en la tolva colocada en el borde frontal de la mesa, ¿en qué medida quedará afectado el tiempo de esta operación? Redáctense los cálculos.

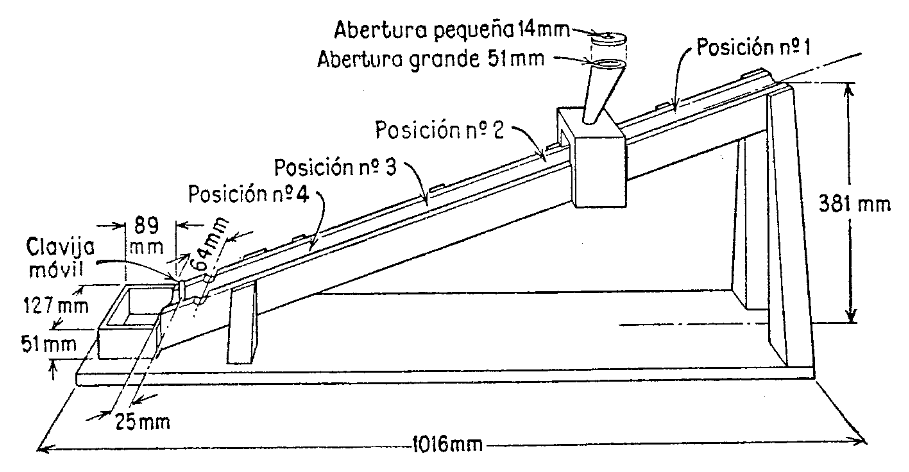


Fig. 363.—Aparato de demostración de tiempos requeridos por movimientos de las manos.

106. El aparato que se muestra en la figura 363 se emplea en la Maytag Company, para fines de demostración, en los programas de enseñanza de estudio de movimientos y tiempos. Empleando uno cualquiera de los sistemas de tiempos predeterminados, calcúlese el tiempo requerido, por ciclo, para coger una clavija y colocarla sobre la tolva. Preséntense los resultados en forma de tabla.

Hay cuatro posiciones de la tolva a lo largo del plano inclinado y cuatro condiciones para coger y colocar, que son las siguientes: 1) clavijas en caja, abertura pequeña; 2) clavijas en caja, abertura grande; 3) clavija contra clavija móvil, abertura pequeña; 4) clavija contra clavija móvil, abertura grande.

Las dimensiones de la clavija de madera es de 9,5 × 76,1 mm, con un extremo redondeado. Distancia del centro de la tolva al lugar en que se cogen las clavijas: en la posición 1, 762 mm; en la posición 2, 610 mm; en la posición 3, 457 mm, y en la posición 4, 305 mm.

107. Empleando uno cualquiera de los sistemas de tiempos predeterminados, establézcase el tiempo tipo para cargar y descargar el dispositivo de sujeción de la figura 364. Los tacos de fundición están graneteados para el taladrado; su peso es de 1,36 Kg. y su ajuste es holgado.

108 *a)* Empleando cualquier sistema de tiempos predeterminados, fijar el tiempo requerido para *montar dos placas, dos arandelas, perno y tuerca,* como se indica en la figura 365. Cada placa pesa 0,45. Kg. La distribución del lugar de trabajo está representada en la figura 366, siendo

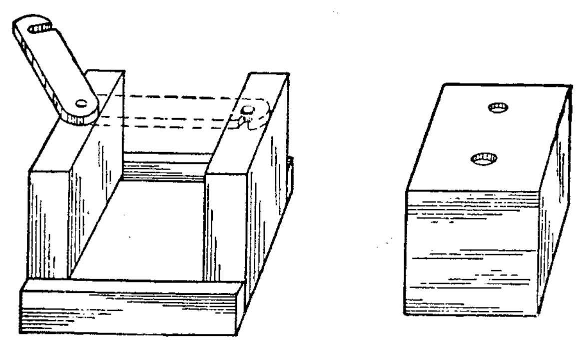


FIG. 364.—Dispositivo de sujeción para trabajo con taladro.

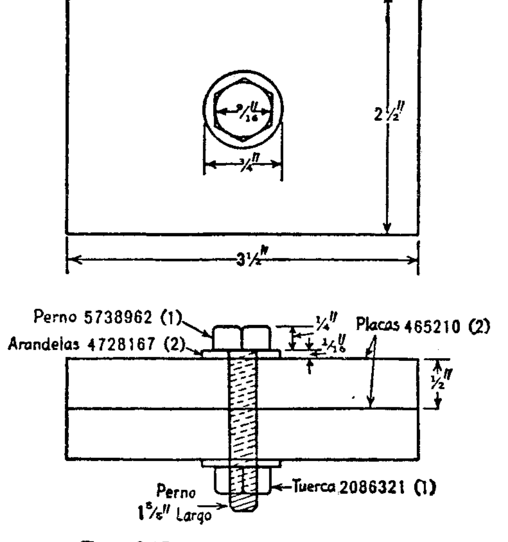


FIG. 365.—Montaje de placas.

el orden de los movimientos de la mano derecha y de la izquierda el que se indica en la figura 367.

b) Si se cogieran y transportaran dos placas en una mano, ¿qué diferencia habría en el tiempo de montaje?

c) ¿Sería ventajoso montar el destornillador debajo de la mesa y atornillar desde abajo? ¿Cómo podría disponerse esta instalación?

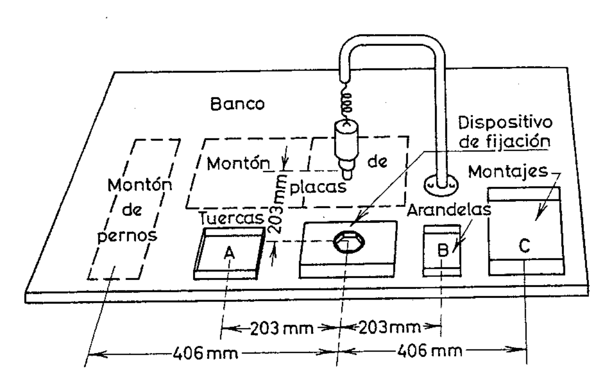
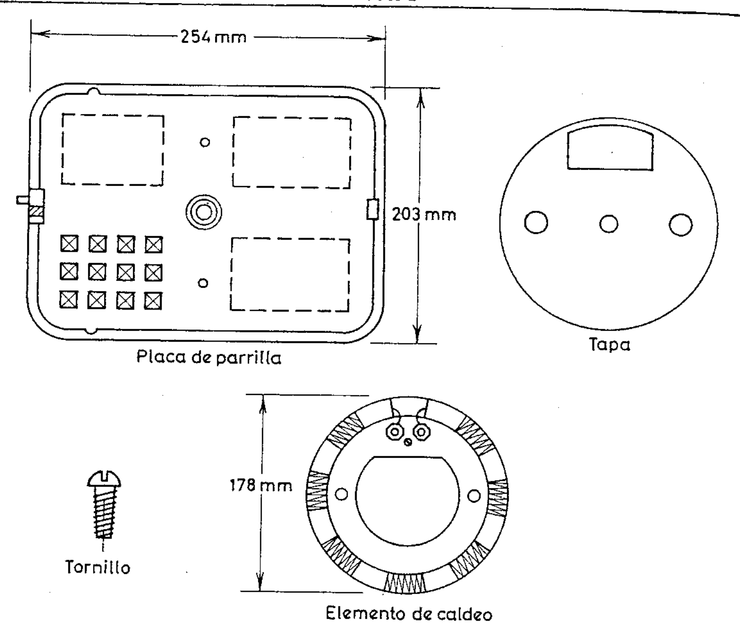


FIG. 366.—Disposición del lugar de trabajo para el montaje de placas.

OPERACIÓN: MONTAR DOS PLACAS, DOS ARANDELAS, PERNO Y TUERCA

Mano izquierda	Mano derecha
Coger una tuerca de la bandeja *A*. T V + C. Colocar la tuerca en el dispositivo de fijación (nido). Ajuste holgado. T C + P P + D C.	Coger una arandela de la bandeja *B*. T V + C. E I.
	Colocar la arandela en el dispositivo de fijación (nido) encima de la tuerca. T C + P P + D C.
Coger una placa del montón. T V + C. Colocar placa en dispositivo de fijación. T C + P P + D C.	Coger una placa del montón. T V + C. E I.
Coger un perno del montón. T V + C. E I.	Colocar placa en dispositivo de fijación. T C + P P + D C. Coger una arandela de la bandeja *B*. T V + C. Colocar la arandela sobre la placa encima del agujero. T C + P P + D C.
Colocar perno en agujero. Aj. holg. T C + P P + D C. E I.	Coger el destornillador mecánico. T V + C. Colocar el destornillador sobre la cabeza del perno. T C + P P + D C. Tiempo de utilización. Atornillar. Dejar el destornillador. T C + P P + D C.
Coger el montaje acabado. T V + C. Dejar a un lado. T C + P P + D C.	

FIG. 367.—Orden de los movimientos para montaje de placas.



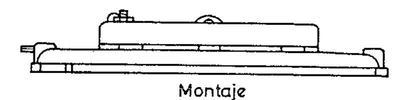


FIG. 368.—Piezas para el montaje del elemento de caldeo.

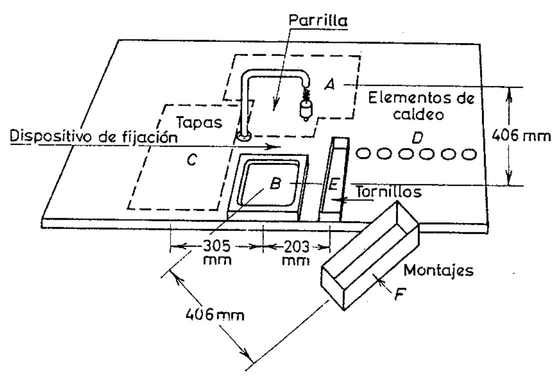


FIG. 369.—Disposición del lugar de trabajo para el montaje de elementos de caldeo.

d) En la distribución actual, la arandela se coloca sobre la placa por encima del agujero. ¿Sería más rápido y más fácil montar primero la arandela en el perno? Proyéctese un dispositivo que lo haga posible. Determinar el tiempo tipo.

109. Determinar el tiempo tipo requerido para montar las dos placas de hierro, según el método mostrado en las figuras 245 y 246, capítulo XXVI.

110. *a)* Determinar el tiempo requerido para *montar el elemento de caldeo en la parrilla,* como se muestra en la figura 368. La disposición del lugar de trabajo es la representada en la figura 369, y el orden de los movimientos para la mano derecha e izquierda el que se da en la figura 370.

b) Si se colocara la bandeja *E* con los tornillos a la izquierda del lugar de trabajo, al lado de las tapas *C,* ¿qué diferencia habría en el tiempo total de montaje? Hacer un diagrama mostrando el orden de los movimientos con esta distribución de piezas.

CAPÍTULO XXXIII

111. Se debe aplicar el muestreo de trabajo para medir el tiempo de inactividad de un grupo de prensas. Según un estudio preliminar, la proporción de tiempo de inactividad es aproximadamente el 30 por 100. Determínese el número de observaciones que son necesarias, para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión de ± 5 por 100. Para resolver este problema empléese la fórmula correspondiente.

OPERACIÓN: MONTAR UN ELEMENTO DE CALDEO EN LA PARRILLA

Mano izquierda	Mano derecha
Coger una parrilla de aluminio del montón *A*, situado en el banco.	Coger una parrilla de aluminio del montón *A*, situado en el banco.
T V + C.	T V + C.
Colocarla en el dispositivo *B*. Ajuste holgado.	Coger el elemento de caldeo del montón *D*, situado en el banco.
	T V + C.
Coger una tapa del montón *C*, situado en el banco.	Colocar el elemento de caldeo en la parrilla de aluminio.
T V + C.	T C + P P + D C.
Colocar la tapa sobre el elemento de caldeo. Ajuste holgado.	Coger un tornillo de la bandeja *E*.
T C + P P + D C.	T V + C.
Coger el destornillador mecánico.	Colocar el tornillo en el agujero. Ajuste holgado.
T V + C.	T C + P P + D C.
Colocar destornillador sobre tornillo.	(Guiar el tornillo).
T C + P P + D C.	Tiempo de utilización. Atornillar.
Dejar el destornillador.	Coger la pieza montada.
T C + P P + D C.	T V + C.
E I.	Colocar piezas montadas en caja *F*.
	T C + P P + D C.

FIG. 370.—Orden de movimientos.

	Minutos transcurridos	Hombres trabajando	Minutos-hombre de trabajo	Porcentaje de tiempo improductivo
8,30. Comienza la jornada de trabajo.				
8,34. El primer camión sale del garaje municipal llevando a dos obreros.	70	2	140	71
9,40. El camión se detiene en el 2020 de West Cullerton. Al parecer, un obrero saca gasolina del camión y la trasvasa a otro coche.	17	0	0	100
9,57. El camión se dirige a Maplewood & Flournoy, donde recoge a cinco hombres, que llegan en sus propios coches.	5	2	10	71
10,02. Dos hombres adosan una escalera a un poste. Los demás no hacen nada.	3	2	6	71
10,05. Un hombre sube por la escalera para empalmar un cable al poste. Los restantes no hacen nada.	18	1	18	86
10,23. Un hombre empieza a pintar la base del poste. El que está sobre el poste monta una trócola que le ayudará a subir el bote de pintura a la parte superior del poste.	6	2	12	71
10,29. Tres operarios se marchan en otro coche. Solamente trabaja uno de ellos.	18	1	18	86
10,47. Regresan con el coche los tres obreros anteriores.	7	1	7	86
10,54. Los coches y el camión se van.	31	2	62	71
11,25. Nuevo puesto de trabajo, School & Ravenswood.	1	2	2	71
11,26. Descarga de herramientas y material. Un hombre cava y los demás observan.	19	1	19	86
11,45. Seis obreros se dirigen a comer a la taberna más próxima.	15	1	15	86
12,00. El obrero restante marcha a comer.	24	0	0	100
	DESCANSO DE 30 MINUTOS PARA COMER			
12,54. Regresan de la taberna seis operarios, y uno de ellos continúa el trabajo de excavación antes comenzado.	9	1	9	86
13,03. Un hombre sube al poste y desconecta un cable Otro cava.	5	2	10	71
13,08. Desciende del poste un obrero.	29	1	29	86
13,37. Dos hombres trabajan en retirar el poste.	12	2	24	71
13,49. Dos hombres apartan el poste, empleando una trócola, y colocan otro poste.	13	2	26	71
14,02. Dos hombres apisonan la tierra.	2	2	4	71
14,04. Dos hombres se dirigen a la taberna.	11	0	0	100
14,15. Un hombre empalma un cable en lo alto del poste.	6	1	6	86
14,21. Un hombre en la parte superior del poste y otro pintando la base.	4	2	8	71
14,25. Un hombre trabaja en el poste; los demás están en el camión.	15	1	15	86
14,40. Un hombre pinta el poste; tres están en la taberna y tres en el camión.	8	1	0	86
14,48. El hombre baja del poste y coloca la escalera en el camión. Nadie trabaja.	4	1	4	86
14,52. Otro hombre entra en la taberna. Ninguno trabaja.	2	0	0	100
14,54. Los últimos tres hombres entran en la taberna. Ahora están todos en ella. El camión queda solo, pero con el motor en marcha, igual que durante todo el día.	18	0	0	100
15,12. El equipo sale en bloque de la taberna.	7	0	0	100
15,19. Se marcha el camión y los otros hombres lo hacen en sus propios coches.	71	2	142	71
16,30. Hora de salida del trabajo.	480		594	81 %

Fig. 371.—Estudio de una jornada completa de trabajo, hecho por un concejal, en el que se muestra que existe un 81 por 100 de tiempo no productivo, en un equipo de siete obreros electricistas municipales.

(Reproducido, con autorización, de la revista *Time*, 29 de diciembre de 1952.)

112. Mediante muestreo de trabajo, determínese el tiempo de actividad, el de inactividad y el índice medio de actuación de un grupo de hombres que realice actividades no repetitivas.

113. La revista *Time* refiere (9) que un concejal de un Ayuntamiento tomó nota de las actividades de un equipo de siete obreros electricistas del Municipio, cuyo resultado puede verse en la figura 371. El concejal, convencido de que la actuación del Departamento Técnico de Electricidad era deficiente, siguió al equipo durante un día entero, para adquirir información. Aplicando la técnica del muestreo aleatorio, determínese el porcentaje de tiempo de inactividad de la cuadrilla, tomando como base la información dada por la figura 371.

114. De cuando en cuando, cierta empresa pide a los encargados de los equipos de conservación hacer lo que llama "un estudio periódico". Para efectuarlo, el encargado observa un grupo de dos, tres o cuatro hombres que realizan una tarea. Observa a los miembros del grupo durante diez o quince períodos consecutivos de cinco minutos y, sobre una sencilla hoja de datos, anota si cada miembro de la cuadrilla está trabajando o inactivo durante más de la mitad de cada período de cinco minutos. Por ejemplo, si el obrero número 1 trabaja durante más de dos minutos y medio en un período de cinco minutos, hace una señal bajo la rúbrica "trabajando"; si el obrero está inactivo más de dos minutos y medio durante un período de cinco minutos, hace una señal bajo la rúbrica "inactivo". Partiendo de la observación, el encargado trata de determinar (sin usar cronómetro) si cada miembro de la cuadrilla trabaja más de la mitad de un período de cinco minutos. El porcentaje del período total del estudio que cada miembro de la cuadrilla trabaja o está inactivo se determina de la misma manera que en caso de un estudio normal de muestreo de trabajo. Los principales objetivos del estudio periódico son que el encargado compruebe realmente las actividades de cada miembro de la cuadrilla y que determina cuál es el número de obreros más adecuado para integrar un equipo.

Hágase una comparación de este tipo de estudio periódico con el procedimiento normal de muestreo de trabajo y con el estudio continuo de tiempos de alguna actividad de mantenimiento, en la que intervenga un equipo de dos o tres operarios.

115. Hágase un estudio de muestreo, relativo a los obreros de un departamento de una fábrica, durante una semana.

116. ¿Qué debe hacerse para convencer a los obreros de que el muestreo de trabajo puede emplearse satisfactoriamente para medir los tiempos de actividad y de inactividad de hombres y de máquinas?

Capítulos XXXIV y XXXV

117. Determínese el coste fisiológico de andar, utilizando el ritmo cardíaco en latidos por minuto antes y después de caminar sobre terreno llano a cuatro velocidades diferentes.
a) Téngase al sujeto a estudiar sentado en una silla durante 5 minutos. Durante un período de $^1/_2$ minuto se anotará su ritmo cardíaco.
b) Durante 5 minutos se hará caminar al sujeto a la velocidad de 4 Km/h.; a continuación se le ordenará sentarse y se anotará su ritmo cardíaco du-

(9) "Let There Be Light", *Time*, vol. 60, núm. 26, pág. 15, 29 de diciembre de 1952.

rante la segunda mitad del primer minuto, la segunda mitad del segundo minuto y la segunda mitad del tercer minuto, contados a partir del fin del paseo.

c) Repítase *b)* a las velocidades de 4,8; 5,6 y 6,4 Km/hora. Espérese el tiempo necesario entre las pruebas para que el ritmo cardíaco vuelva a su nivel normal.

Dibújense las curvas con "Latidos por minuto" en ordenadas, y en abscisas "Minutos después del trabajo".

118. Determínese el coste fisiológico de manipular ladrillos a cuatro velocidades diferentes, expresado en latidos por minuto.

a) Téngase al sujeto sentado en una silla durante 5 minutos, anotando sus latidos durante un período de 1/2 minuto.

b) El sujeto tomará ladrillos uno a uno, desde el suelo, y los apilará sobre una plataforma situada a una altura de 840 mm., a la velocidad de 16 ladrillos por minuto. Se le tendrá trabajando durante un período de 5 minutos, después se le hará sentar en una silla, tomándole el ritmo cardíaco durante la segunda mitad del primer minuto, la segunda mitad del segundo minuto, y la segunda mitad del tercer minuto, una vez terminado el trabajo.

c) Repítase *b)* a las velocidades de trabajo de 22, 28 y 34 ladrillos por minuto, tomando el tiempo necesario entre las pruebas para que el ritmo cardíaco vuelva a su nivel normal.

Dibújense las curvas, con "Latidos por minuto" en ordenadas, y en abscisas "Minutos después del trabajo".

119. ¿Cuáles son las críticas principales de la definición corriente de fatiga? (10).

120. Obténgase información acerca de las relaciones existentes entre ritmo cardíaco en latidos por minuto, consumo de oxígeno y ventilación pulmonar, antes, durante e inmediatamente después de pesados ejercicios físicos (11).

121. Estúdiense los informes de *a)* la Industrial Health Research Board (12) y *b)* el National Institute of Industrial Psychology (13), de la Gran Bretaña, y preséntese un resumen de los trabajos de estos dos organismos.

122. Hágase un resumen de los resultados del "Hawthorne Study", de la Western Electric Company (14).

CAPÍTULO XXXVI

123. Prepárese un programa de aprendizaje de estudio de movimientos y tiempos para los encargados y supervisores de una fábrica dada de la localidad.

124. Hágase un estudio de valoración de la actividad de andar.

Objeto.

Adquirir práctica, en grupo, en valorar la actuación del operario.

---

(10) E. MAYO: *The Human Problems of an Industrial Civilization*, MacMillan Co., Nueva York, 1933.

(11) PETER V. KARPOVICH: *Physiology of Muscular Activity*. 4.ª edición, W. B. Saunders Co., Filadelfia, 1953.

(12) Informes publicados por H. M. Stationery Office, Londres.

(13) Publicación mensual oficial *The Human Factor*, Aldwych House, Londres, W. C. 2.

(14) E. MAYO: *Ob. cit.*; T. N. WHITEHEAD: *The Industrial Worker*, Harvard University Press, 1938; F. J. ROETHLISBERGER y W. J. DICKSON: *Management and the Worker*, Harvard University Press, 1940; HENRY A. LANDSBERGER: *Hawthorne Revisited*, Cornell University, Ithaca, N. Y., 1958.

Equipo y materiales necesarios.

1. Cronómetro decimal de minuto, cinta métrica de acero, tiza, cordel.
2. Impreso de valoración: B-204 (Fig. 372).

Lugar.

Elegir una habitación con suelo uniforme y nivelado o bien una acera de las mismas condiciones.

Procedimiento para dirigir el estudio de valoración.

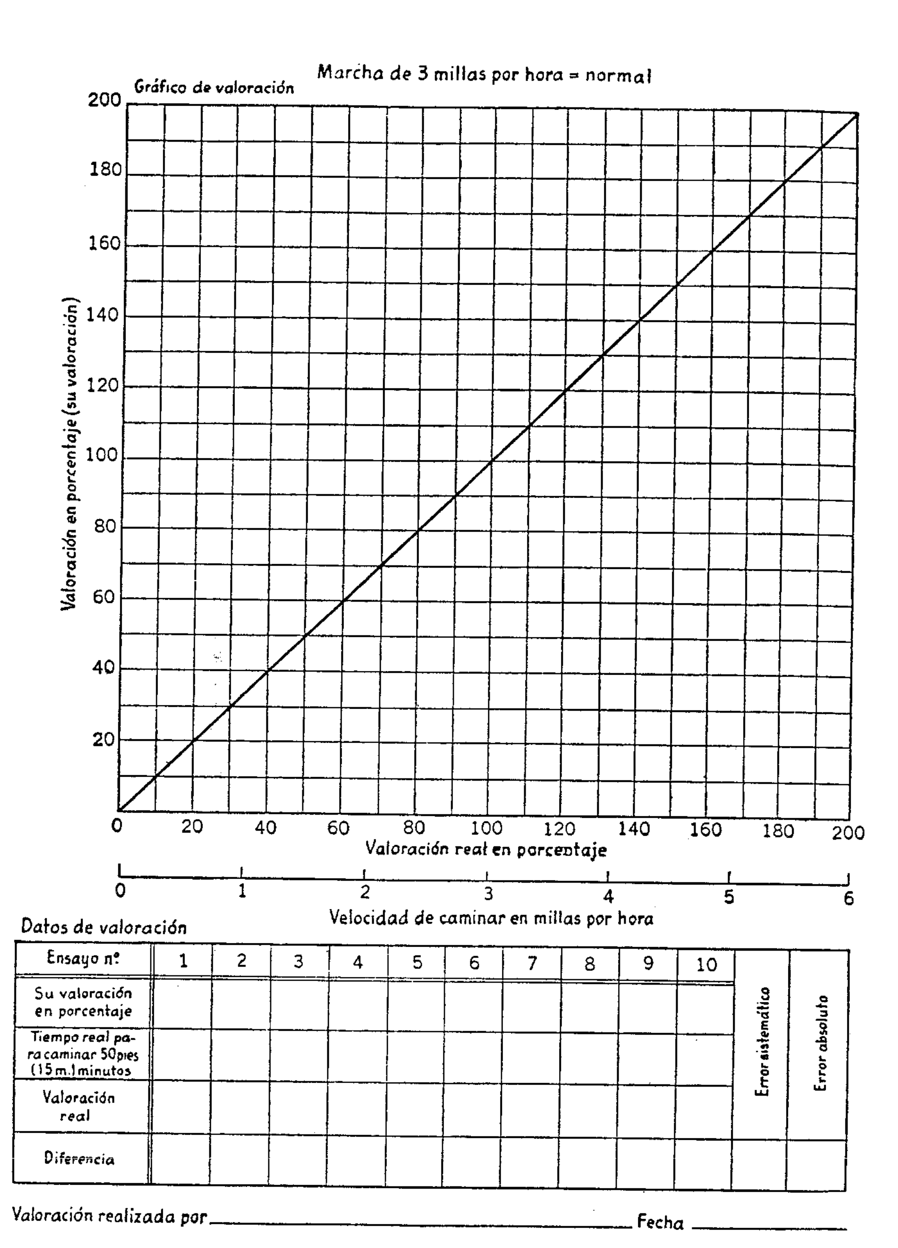
1. Medir un espacio de 50 pies (15 m) marcando en el suelo una línea para el comienzo y otra para el final, permitiendo un espacio adicional de 10 a 15 pies (3 a 4,5 m) a ambos extremos para que el operario pueda pararse. Atar un cordel al respaldo de una silla y pasarlo sin sujeción por encima del respaldo de otra silla, de forma que el cordel quede estirado directamente por encima de la línea de salida marcada en el suelo. Colocar igualmente un cordel sobre dos sillas en la otra extremidad de los 50 pies (15 m). Estos cordeles ayudan al observador para que ponga en marcha su cronómetro y lo pare luego en el momento apropiado.

TABLA LXXXIV

CONVERSIÓN DE LECTURAS DE RELOJ A VELOCIDADES DE ANDAR Y VALORACIONES DE ACTUACIÓN

Tiempo en minutos para caminar 50 pies (15 m)	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150	0,155	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,185
Velocidad real en millas por hora	4,72	4,54	4,35	4,20	4,05	3,91	3,78	3,66	3,54	3,44	3,34	3,24	3,15	3,06
Valoración en % (3 millas por h = 100 %)	158	151	145	140	135	130	126	122	118	115	111	108	105	102
Tiempo en minutos para caminar 50 pies (15 m)	0,189	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210	0,215	0,220	0,225	0,230	0,235	0,240	0,245	0,250
Velocidad real en millas por hora	3,00	2,98	2,91	2,84	2,77	2,70	2,64	2,58	2,52	2,47	2,41	2,36	2,31	2,27
Valoración en % (3 millas por h = 100 %)	100	99	97	95	92	90	88	86	84	82	80	79	77	76

2. Hacer que una persona (que llamaremos operario) practique el andar los 50 pies (15 m) a 3 millas por hora (4,827 Km por hora) exactamente. Esta práctica debe tener lugar antes que se reúna el grupo. El operario debe tardar 0,189 minutos para andar los 50 pies. Después de un poco de práctica no le será difícil al operario caminar dicha distancia en ese tiempo o a una velocidad de 3 millas por hora. La tabla LXXXIV muestra el tiempo que necesita el operario para andar los 50 pies a otras velocidades.
3. Dar a cada persona una hoja de datos similar al impreso B-204 (véase figura 372) y decirle que anote su nombre y la fecha en la parte



Ensayo nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Error sistemático	Error absoluto
Su valoración en porcentaje												
Tiempo real para caminar 50 pies (15 m.) minutos												
Valoración real												
Diferencia												

FIG. 372.—Hoja de datos de valoración de actuación y gráfico para la actividad de caminar.

inferior. En este estudio, ningún miembro del grupo ha de utilizar cronómetro o reloj.

4. Entonces, el operario camina a razón de 3 millas por hora y se le dice al grupo que esta velocidad representa una valoración de 100 por 100. Se hacen dos o tres pruebas a esta velocidad. El operario se cronometra a sí mismo y, si tarda más o menos de los 0,189 minutos para andar los 50 pies, informa de ello al grupo y determina inmediatamente y da al grupo la velocidad real en porcentaje. Como es natural, el grupo no registra estas pruebas preliminares.
5. A continuación, el operario camina los 50 pies por diez veces, llamadas pruebas, variando su velocidad al azar. Al final de cada prueba registra en su hoja de datos el tiempo que tardó en andar los 50 pies y la valoración correspondiente en porcentaje. Generalmente no se da esta información al grupo hasta que se han terminado las diez pruebas, aunque las valoraciones correctas pueden darse inmediatamente después de cada prueba. Las velocidades de andar deben caer aproximadamente entre 2,5 millas por hora (4 Km/h) (85 por 100 de la normal), y 4,5 millas por hora (7,24 Km/h) (150 por 100 de la normal), ya que las velocidades de trabajo que se presentan en la práctica quedan comprendidas dentro de estos límites. Se considera más difícil valorar exactamente velocidades que caen en los extremos.
6. Cada persona observa cómo camina el operario los 50 pies y le valora utilizando un 100 por 100 = 3 millas por hora como normal. Se registra cada prueba en porcentaje en la primera línea al final del impreso B-204.
7. A continuación se leen las valoraciones correctas en porcentaje y se pide a cada persona del grupo que copie dichas valoraciones en la tercera línea horizontal de la parte inferior del impreso B-204.
8. Pedir a cada persona que marque sus valoraciones en el gráfico de valoración y después trazar una línea recta por la posición media de estos puntos.
9. Calcular el error sistemático, desviación media y error absoluto de cada persona y del grupo (15).
10. Repetir este experimento cada semana hasta que no haya un perfeccionamiento ulterior. Utilizar la misma persona para sujeto u *operario* a través de todo el experimento.

125. Hágase un estudio de valoración de la actividad de echar cartas.

Objeto.

Adquirir práctica en valorar la actuación del operario.

Equipo y materiales necesarios.

1. Cronómetro decimal de minuto, un mazo de cartas, una mesa.
2. Impresos de valoración B-205 (fig. 373).

Lugar.

Elegir un cuarto lo suficientemente amplio para acomodar al grupo de personas que han de participar en el estudio.

Procedimiento para dirigir el estudio de valoración.

1. Hacer que una persona (a la que llamaremos operario) practique el distribuir un mazo de cartas (52 cartas), en cuatro montones iguales,

(15) *Work Measurement Manual*, de RALPH M. BARNES, 4.ª ed., Campbell's Book Store, Los Angeles 24, Calif., 1951, págs. 91-97.

en medio minuto. Otra persona llamada cronometrador observará el tiempo que tarda el operario por medio de su cronómetro y registrará el tiempo total de echar las cartas. Si el operario tarda más o menos de medio minuto en echar las cartas, informará de ello al

TABLA LXXXV

CONVERSIÓN DE LECTURAS DE RELOJ A VALORES DE ACTUACIÓN PARA DISTRIBUIR CARTAS.

Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,313	0,314	0,316	0,318	0,321	0,323	0,325	0,327	0,329	0,331	0,333	0,336	0,338
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,340	0,342	0,345	0,347	0,350	0,352	0,355	0,357	0,360	0,362	0,365	0,368	0,370
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,373	0,376	0,379	0,382	0,385	0,388	0,390	0,394	0,397	0,400	0,403	0,407	0,410
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,413	0,417	0,420	0,424	0,427	0,431	0,435	0,439	0,442	0,446	0,450	0,455	0,459
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,463	0,467	0,472	0,476	0,481	0,485	0,490	0,495	0,500	0.505	0,510	0.515	0,521
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	108	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,526	0,532	0,538	0,543	0,549	0,556	0,562	0,568	0,575	0,581	0,588	0,595	0,602
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83
Tiempo en minutos para distribuir un mazo de cartas	0,610	0,617	0,625	0,633	0,641	0,649	0,658	0,667	0,676	0,685	0,694	0,704	0,714
Valoración en porcentaje 0,500 min. = 100 %	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70

grupo y determinará inmediatamente la velocidad real en porcentaje, dándoselo luego a conocer al grupo. Como es natural, el grupo no registra ninguna de estas pruebas preliminares. El operario está sentado, y distribuye un mazo de tamaño normal de cartas inglesas (52 cartas) de la forma siguiente: la mano izquierda sostiene el mazo de cartas y pone en posición la carta superior con el pulgar y el dedo índice. La mano derecha coge la carta puesta en posición, la lleva y la echa encima de la mesa. Los cuatro montones de cartas se disponen en las cuatro esquinas de un cuadrado de un pie (30 cm) de lado. El único requisito es que las cartas estén todas ellas con la cara hacia abajo y cada uno de los cuatro montones esté separado de los otros. Se ha de tener cuidado para asegurarse de que el método no se desvía de este al variar la velocidad. Después de un poco de práctica, el operario puede echar las cartas en medio minuto exactamente o con una valoración del 100 por 100. La tabla LXXXV muestra el tiempo requerido para distribuir las cartas a otras velocidades.

2. Dar a cada persona una hoja de datos similar a la del impreso B-205 (fig. 373). Hágase que ponga su nombre y la fecha al final de este impreso. En este estudio, ningún miembro del grupo ha de utilizar un cronómetro o un reloj.
3. Entonces, el operario echa las cartas en medio minuto y se le dice al grupo que esta velocidad representa una valoración del 100 por 100. A esta velocidad se hacen dos o tres pruebas.
4. A continuación, el operario echa las cartas por diez veces, llamadas pruebas, variando la velocidad al azar. Al final de cada prueba, el cronometrador registra el tiempo y lo muestra al operario, pero no se lo da a conocer al grupo hasta que se han realizado las diez valoraciones. Las velocidades deben caer aproximadamente entre 85 por 100 de la normal (distribuyendo las cartas en 0,588 minutos) y 150 por 100 de la normal (distribuyéndolas en 0,33 minutos), ya que las velocidades de trabajo en la práctica están comprendidas generalmente dentro de estos límites. Se considera más difícil valorar exactamente las velocidades extremas.
5. Cada miembro del grupo observa al operario mientras echa las cartas y le valora, utilizando un 100 por 100 = 1/2 minuto como normal. Cada prueba se registra en porcentaje en la primera línea horizontal de la parte inferior del impreso B-205.
6. A continuación se leen las valoraciones exactas en porcentajes y se hace que cada persona las copie en la tercera línea horizontal al final del impreso B-205.
7. Pedir a cada persona del grupo que anote sus valoraciones en el gráfico de valoraciones y después dibuje una línea recta por las posiciones medias de estos puntos.
8. Calcular el error sistemático, desviación media y error absoluto para cada persona y para el grupo.
9. Repetir este experimento de echar las cartas, cada semana, hasta que no haya un perfeccionamiento ulterior. Utilícese en todo el experimento a la misma persona como sujeto, asegurándose de que se hace uso del mismo método de echar cartas.

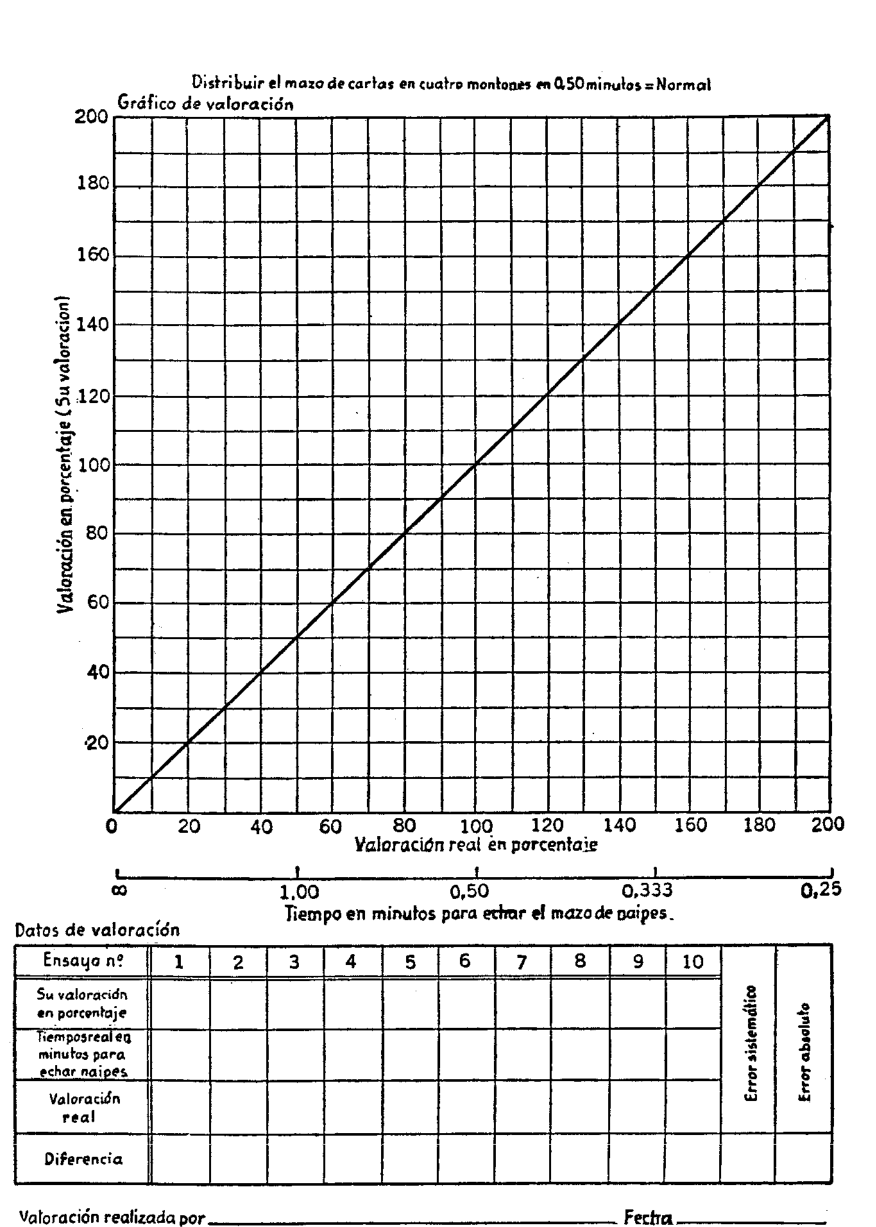


FIG. 373.—Hoja de datos de valoración de actuación y gráfico para la distribución de naipes.

CAPÍTULO XXXVII

126. Discútanse las ventajas y desventajas de instruir al operario en su máquina o en una escuela de aprendizaje especial.

127. Indíquese el aprendizaje que se debe dar a un nuevo empleado que comience a trabajar en las operaciones descritas en los problemas 60, 61 y 62.

128. ¿Cuál sería el efecto último que, sobre el personal de una empresa, tendría un programa de aprendizaje en los principios de economía de movimientos y proyecto de métodos dado a todo nuevo empleado?

CAPÍTULO XXXVIII

129. Obténgase la siguiente información de dos o tres fábricas que tengan obreros remunerados por rendimiento, en operaciones que contengan elementos controlados por la máquina.

a) ¿Cómo se paga a los obreros por la parte de operación controlada por la máquina?

b) ¿Qué plan preferiría aplicar la empresa si se implantara un sistema enteramente nuevo de medida del trabajo y un plan de primas por rendimiento?

130 *a)* Determínese el coste total horario de funcionamiento de una unidad o de una batería de máquinas automáticas.

b) Determínese el coste por pieza o por unidad de producto elaborado, relativo a cada uno de los siguientes factores: 1) mano de obra directa, 2) mano de obra indirecta, 3) material directo y 4) restantes factores integrantes del coste, incluyendo los gastos generales.

131. El equipo mencionado en la página 655, produjo 54.100 metros lineales de cartón, probado a 65 Kg, con desperdicio de 1,25 %, durante una jornada de ocho horas. El tiempo concedido para preparación por la mañana fue 0,07 horas. Determínense las ganancias de cada obrero en la jornada, aplicando el salario hora base y los datos dados en el texto.

132. *a)* Determínese el rendimiento total del Departamento de Selección de Cápsulas durante un período en el que existieron las condiciones siguientes:

1) Minutos tipo totales del grupo durante el período 171.160.
2) Minutos reales totales del grupo durante el período 172.230.
3) Factor II, índice de nivel de calidad 0,53.
4) Factor III, índice de nivel de los rechazos, 93,9.

b) Determínese la ganancia de Helen Smith, una operaria de selección durante el período que se menciona *a)*. Empléense la tabla y datos del texto.

1) Salario hora base de Helen Smith, 1,50 dólares.
2) Horas trabajadas por Helen Smith durante el período en cuestión, 80.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS Y REVISTAS

Abruzzi, Adam, *Work, Workers and Work Measurement,* Columbia University Press, Nueva York, 1956, 318 páginas.
Abruzzi, Adam, *Work Measurement,* Columbia University Press, Nueva York, 1952, 290 páginas.
Aitken, H. G. J., *Taylorism at Watertown Arsenal,* Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960, 269 páginas.
Alford, L. P., *Henry Laurence Gantt,* American Society of Mechanical Engineers, Nueva York, 1934, 315 páginas.
Allen, C. R., *The Instructor, the Man and the Job,* J. B. Lippincott Co., Filadelfia, 1919, 373 páginas.
Amar, Jules, *The Human Motor.* George Routledge & Sons, Londres, 1920, 470 páginas.
Amar, Jules, *The Physiology of Industrial Organization and the Reemployment of the Disabled,* Macmillan Co., Nueva York, 1919, 371 páginas.
Amber, G. H., y P. S. Amber, *Anatomy of Automation,* Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1962, 245 páginas.
American Institute of Industrial Engineers, *Proceedings of the Annual Conference,* anualmente desde 1955, 345 East 47th street, Nueva York 17, N. Y.
American Society of Mechanical Engineers, *Fifty Years Progress in Management,* Nueva York, 1960, 329 páginas.
American Society of Mechanical Engineers, *ASME Standard Industrial Engineering Terminology,* Nueva York, 1955, 48 páginas.
American Society of Mechanical Engineers, *Manual on Cutting of Metals,* 2.ª ed., Nueva York, 1952.
American Society of Mechanical Engineers, *ASME Standard Plant Layout Templates and Models,* Nueva York, 1949.
American Society of Mechanical Engineers, *ASME Standard Operation and Flow Process Charts,* Nueva York, 1947.
Anyon, G. J., *Collective Agreements on Time and Motion Study,* Society for Advancement of Management, Nueva York, 1954, 46 páginas.
Apple, J. M., *Plant Layout and Materials Handling,* Ronald Press Co., Nueva York, 1950, 367 páginas.
Backman, Jules, *Wage Determination,* D. Van Nostrand Co., Princeton, N. J., 1959, 316 páginas.
Bailey, G. B., y Ralph Presgrave, *Basic Motion Timestudy,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1958, 195 páginas.
Bailey, N. R., *Motion Study for the Supervisor,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1942, 111 páginas.
Bainbridge, F. A., *The Physiology of Muscular Exercise,* 3.ª ed., refundida por A. V. Bock y D. B. Dill, Longmans, Green & Co., Nueva York, 1931, 272 páginas.
Barish, Norman N., *Systems Analysis for Effective Administration,* Funk & Wagnalls Co., Nueva York, 1951, 316 páginas.
Barnes, Ralph M., *Industrial Engineering Survey,* Universidad de California, Los Angeles, 1963, 12 páginas.
Barnes, Ralph M., *Motion and Time Study Problems and Projects,* 2.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1961, 232 páginas.

Barnes, Ralph M., *Motion and Time Study Applications*, 4.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1961, 188 páginas.
Barnes, Ralph M., "Industrial Engineering", en *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1960, páginas 82-83.
Barnes, Ralph M., *Work Sampling*, 2.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1957, 283 páginas.
Barnes, Ralph M., *Work Measurement Manual*, 4.ª ed., Campbell's Book Store, Los Angeles 24, 1951, 297 páginas.
Barnes, Ralph M., *Work Methods Training Manual*, 3.ª ed., Campbell's Book Store, Los Angeles 24, 1950, 337 páginas.
Barnes, Ralph M., "Industrial Engineering Survey", *Industrial Engineering Bulletin* 101, Universidad de Iowa, Iowa City, 1949, 48 páginas.
Barnes, Ralph M., "Work Measurement Project", *Industrial Engineering Bulletin* 201, Universidad de Iowa, Iowa City, 1948, 48 páginas.
Barnes, Ralph M., *Work Methods Manual*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1944, 136 páginas.
Barnes, Ralph M., "An Investigacion of Some Hand Motions Used in Factory Work", *University of Iowa Studies in Engineering, Bulletin* 6, 1936, 63 páginas.
Barnes, Ralph M., *Industrial Engineering and Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1931, 366 páginas.
Barnes, Ralph M., y Robert B. Andrews, *Performance Sampling*, Universidad de California, Los Angeles, 1955, 58 páginas.
Barnes, Ralph M., y N. A. Englert, *Bibliography of Industrial Engineering and Management Literature*, Campbell's Book Store, Los Angeles 24, 1946, 136 páginas.
Barnes, Ralph M., y J. L. McKenney, *Industrial Engineering Survey*, Universidad de California, 1957.
Barnes, Ralph M., y M. E. Mundel, *University of Iowa Studies in Engineering:* "Studies of Hand Motions and Rhythm Appearing in Factory Work", *Bulletin* 12, 1938, 60 páginas; "A Study of Hand Motions Used in Small Assembly Work", *Bulletin* 16, 1939, 66 páginas; "A Study of Simultaneous Symmetrical Hand Motions", *Bulletin* 17, 1939, 36 páginas.
Barnes, Ralph M.; M. E. Mundel, y John M. MacKenzie, "Studies of One- and Two-Handed Work", *University of Iowa Studies in Engineering, Bulletin* 21, 1940, 67 páginas.
Barnes, Ralph M., J. S. Perkins, y J. M. Juran, "A Study of the Effect of Practice on the Elements of a Factory Operation", *University of Iowa Studies in Engineering, Bulletin* 22, 1940, 95 páginas.
Barnes, Ralph M., y J. B. Sullivan, *Production Management Survey*, Universidad de California, Los Angeles, 1950, 21 páginas.
Bartlett, F. C., *The Problem of Noise*, Cambridge University Press, Londres, 1934, 87 páginas.
Bartley, S. H., y E. Chute, *Fatigue and Impairment in Man*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1947, 429 páginas.
Belcher, David W., *Wage and Salary Administration*, Prentice-Hall, Nueva York, 1955, 490 páginas.
Benedict, F. G., y E. P. Cathcart, "Muscular Work, a Metabolic Study with Special Reference to the Efficiency of the Human Body as a Machine". Institución Carnegie de Washington, *Publication* 187, 1913, 176 páginas.
Bibliography for Office Managers, 1938-1944, National Office Management Association, Filadelfia, 1945, 165 páginas.
Bibliography of Management Literature, por R. M. Berg, hasta enero de 1931, American Society of Mechanical Engineers, Nueva York, 1931, 142 páginas.

Bibliography of Time and Motion Study, 1933-1939, John Crerar Library, 96 East Randolph Street, Chicago, 31 páginas.
Bills, Arthur, *Psychology of Efficiency*, Harper & Brothers, Nueva York, 1943.
Blackburn, J. M., "The Acquisition of Skill: an Analysis of Learning Curves", Industrial Health Research Board, *Report* 73, His Majesty's Stationery Office, Londres, 1936, 92 páginas.
Bolz, H. A. (dir. de ed.), *Materials Handling Hanbook*, Ronald Press Co., Nueva York, 1960, 1.740 páginas.
Bowman, E. H., y R. B. Fetter, *Analysis for Production Management*, Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, ed. rev., 1961, 575 páginas.
Brisco, Norris A., *Economics of Efficiency*, Macmillan Co., Nueva York, 1921, 385 páginas.
Brouha, Lucien, *Physiology in Industry*, Pergamon Press, Nueva York, 1960, 145 páginas.
Brown, A. Barrett, *The Machine and the Worker*, Nicholson & Watson, Londres, 1934, 215 páginas.
Buffa, E. S., *Modern Production Management*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1961, 636 páginas.
Buffa, E. S., *Models for Production and Operation Management*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1963.
Buhl, Harold R., *Creative Engineering Design*, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1960, 195 páginas.
Bullen, A. K., *New Answers to the Fatigue Problem*, University of Florida Press, Gainsville, Fla., 1956, 176 páginas.
Bureau of the Budget, *A Work Measurement System: Development and Use*, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1950, 44 páginas.
Bureau of the Budget, *Simplifying Procedures Through Forms Control*, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1948, 49 páginas.
Burtt, H. E., *Psychology and Industrial Efficiency*, D. Appleton & Co., Nueva York, 1929, 395 páginas.
Canning, Richard G., *Electronic Data Processing for Business and Industry*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1956, 332 páginas.
Carlson, A. J., y V. Johnson, *Machinery of the Body*, 4.ª ed., University of Chicago Press, Chicago, 1953, 663 páginas.
Carroll, Phil, *How to Chart Data*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1960, 260 páginas.
Carroll, Phil, *Better Wage Incentives*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1957, 230 páginas.
Carroll, Phil, *How Foremen Can Control Costs*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1955, 301 páginas.
Carroll, Phil, *Timestudy for Cost Control*, 3.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1954, 299 páginas.
Carroll, Phil, *How to Control Production Costs*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1953, 272 páginas.
Carroll, Phil, *Timestudy Fundamentals for Foremen*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1951, 209 páginas.
Carson, Gordon B. (dir. de ed.), *Production Handbook*, 2.ª ed., Ronald Press Co., Nueva York, 1958.
Carter, R. M., "Labor Saving Through Farm Job Analysis.—I. Dairy Barn Chores", Vermont Agricultural Experiment Station, *Bulletin* 503, Burlington, Vermont, junio, 1943, 66 páginas.
Cathcart, E. P., *The Human Factor in Industry*, Oxford University Press, Londres, 1928, 105 páginas.
Chane, G. W., *Motion and Time Study*, Harper & Brothers, Nueva York, 1942, 88 páginas.

Chapanis, A., *Research Techniques in Human Engineering*, John Hopkins Press, Baltimore, Md. 1959, 316 páginas.

Chapanis, A., W. R. Garner, y C. T. Morgan, *Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1949, 434 páginas.

Chernoff, H., y L. E. Moses, *Elementary Decision Theory*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1959, 364 páginas.

Clark, Wallace, *The Gantt Chart*, Ronald Press Co., Nueva York, 1923, 157 páginas.

Close, G. C., *Work Improvement*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1960, 388 páginas.

Cochran, William, *Sampling Techniques*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1953, 330 páginas.

Cohen, A., *Time Study and Common Sense*, MacDonald & Evans, Londres, 1947, 112 páginas.

Cooper, William, *An Introduction to Linear Programming*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1953, 74 páginas.

Copley, F. B., *Frederick W. Taylor, Father of Scientific Management*, vols. 1 y 2, Harper & Brothers, Nueva York, 1923.

Cox, J. W., *Manual Skill*, Cambridge University Press, Londres, 1934, 247 páginas.

Cox, J. W., *The Economic Basis of Fair Wages*, Ronald Press Co., Nueva York, 1926.

Crowden, G. P., *Muscular Work, Fatigue and Recovery*, Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1932, 74 páginas.

Currie, R. M., *Work Study*, Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1959, 232 páginas.

Dana, R. T., y A. P. Ackerman, *The Human Machine in Industry*, Codex Book Co., Nueva York, 1927, 307 páginas.

Davidson, H. O., *Functions and Bases of Time Standards*, American Institute of Industrial Engineers, Nueva York, 1952, 403 páginas.

Derse, Joseph C., *Machine Operation Times for Estimators*, Ronald Press Co., Nueva York, 1946, 156 páginas.

Dickinson, Z. Clark, *Compensating Industrial Effort*, Ronald Press Co., Nueva York, 1937, 479 páginas.

Dickson, W. J., y F. J. Roethlisberger, "Management and the Worker—Technical vs. Social Organization in an Industrial Plant", Graduate School of Business Administration, Division of Research, *Business Research Studies* 9, Universidad de Harvard, Boston, 1934, 17 páginas.

Diebold, John, *Automation: The Advent of the Automatic Factory*, D. Van Nostrand Co., Nueva York, 1952, 175 páginas.

Dixon, W. J., y F. J. Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1951.

Dreyfuss, Henry, *The Measure of Man*, Whitney Library of Design, Nueva York, 1960.

Dreyfuss, Henry, *Designing for People*, Simon & Schuster, Nueva York, 1955, 240 páginas.

Drury, H. B., *Scientific Management; A History and Criticism*, Columbia University Press, Nueva York, 1922, 271 páginas.

Eastman Kodak Co., *How to Make Good Movies*, Eastman Kodak Co., Rochester, Nueva York.

Emerson, H., *The Twelve Principles of Efficiency*, 5.ª ed., Engineering Management Co., Nueva York, 1917, 423 páginas.

Emerson, H., *Efficiency as a Basis for Operation and Wages*, Engineering Magazine Co., Nueva York, 1912, 254 páginas.

Enrick, N. L. (dir. de ed.), *Time Study Manual for the Textile Industry*, Interscience Publishers, Inc., Nueva York, 1960, 216 páginas.

Farmer, E., "Motion Study in Metal Polishing" (Metal Series 5), Industrial Fatigue Research Board, *Report* 15, His Majesty's Stationery Office, Londres, 1924, 65 páginas.

Farmer, E., "Time and Motion Study", Industrial Fatigue Research Board, *Report* 14, His Majesty's Stationery Office, Londres, 1921, 63 páginas.

Feigenbaum, A. V., *Total Quality Control*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1961, 627 páginas.

Florence, P. S., *Economics of Fatigue and Unrest and the Efficiency of Labor in English and American Industry*, Henry Holt & Co., Nueva York, 1924, 426 páginas.

Florence, P. S., *Use of Factory Statistics in the Investigation of Industrial Fatigue*, Columbia University Press, Nueva York, 1918, 153 páginas.

Floyd, W. F., y A. T. Welford (directores de la edición), *Symposium on Human Factors in Equipment Design*, H. K. Lewis & Co., Londres, 1954, 132 páginas.

Floyd, W. F., y A. T. Welford (dirs. de ed.), *Symposium on Fatigue*, H. K. Lewis & Co., Ltd., Londres, 1953, 196 páginas.

Forrester, Jay W., *Industrial Dynamics*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1961, 464 páginas.

Friedmann, Georges, *The Anatomy of Work*, The Free Press of Glenco, Nueva York, 1961, 203 páginas.

Gantt, H. L., *Work, Wages and Profits*, Engineering Management Co., Nueva York, 1913.

Geppinger, H. C., *Dimensional Motion Times*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1955, 100 páginas.

Ghiselli, Edwin E., y C. W. Brown, *Personnel and Industrial Psychology*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1955, 492 páginas.

Gilbreth, F. B., *Primer of Scientific Management*, D. Van Nostrand Co., Princeton, N. J., 1914, 108 páginas.

Gilbreth, F. B., *Motion Study*, D. Van Nostrand Co., Princeton, N. J., 1911, 116 páginas.

Gilbreth, F. B., *Bricklaying System*, Myron C. Clark Publishing Co., Chicago, 1909, 321 páginas.

Gilbreth, F. B., y L. M., *Motion Study for the Handicapped*, George Routledge & Sons, Londres, 1920, 165 páginas.

Gilbreth, F. B., y L. M., *Fatigue Study*, 2.ª ed., Macmillan Co., Nueva York, 1919, 175 páginas.

Gilbreth, F. B., y L. M., *Applied Motion Study*, Sturgis & Walton Co., Nueva York, 1917, 220 páginas.

Gilbreth, Lillian M., *The Psychology of Management*, Sturgis & Walton Co., Nueva York, 1914, 344 páginas.

Gilbreth, Lillian M., y A. R. Cook, *The Foreman in Manpower Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1947.

Gilbreth, Lillian M., Opha Mae Thomas, y Eleanor Olymer, *Management in the Home*, Dodd, Mead, and Co., 1954, 241 páginas.

Gillespie, James J., *Dynamic Motion and Time Study*, Chemical Publishing Co., Brooklyn, Nueva York, 1951, 140 páginas.

Gilmour, R. W., *Industrial Wage and Salary Control*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1956, 261 páginas.

Goldmark, Josephine C., *Fatigue and Efficiency*, Charities Publication Committee, Russell Sage Foundation, Nueva York, 1912, 591 páginas.

Gomberg, W., *A Trade Union Analysis of Time Study*, 2.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1954.

Grabbe, E. M. (director de la edición), *Automation in Business and Industry*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1957, 611 páginas.

Grant, Eugene L., *Statistical Quality Control*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1952, 557 páginas.
Hadden, A. A., y V. K. Geneer, *Handbook of Standard Time Data—For Machine Shops*, Ronald Press Co., Nueva York, 1954, 473 páginas.
Haggard, Howard W., *A Physiologist and a Statistician Look at Wage Incentive Methods*, American Management Association, Nueva York, 1937, 26 páginas.
Haggard, Howard W., y L. A. Greenberg, *Diet and Physical Efficiency*, Yale University Press, Nueva Haven, 1935, 180 páginas.
Haire, Mason (dir. de ed.), *Organization Theory in Industrial Practice*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1962, 173 páginas.
Haire, Mason, *Psychology in Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1956, 212 páginas.
Hansen, B. L., *Work Sampling for Modern Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1960, 263 páginas.
Heiland, R. E., y W. J. Richardson, *Work Sampling*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1957, 243 páginas.
Heiner, M. K., y H. E. McCullough, "Kitchen Cupboards That Simplify Storage", *Cornell Extension Bulletin* 703, New York State College of Home Economics at Cornell University, Ithaca, 1947, 32 páginas.
Hendry, J. W., *A Manual of Time and Motion Study*, 3.ª ed., Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1950, 217 páginas.
Hill, A. V., *Living Machinery*, Harcourt, Brace & Co., Nueva York, 1927, 306 páginas.
Hill, A. V., *Muscular Movement in Man; the Factors Governing Speed and Recovery from Fatigue*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1927, 104 páginas.
Hill, A. V., *Muscular Activity*, Williams & Wilkins, Baltimore, 1926, 115 páginas.
Hodnett, Edward, *The Art of Problem Solving*, Harper & Bros, Nueva York, 1955, 202 páginas.
Holmes, W. G., *Applied Time and Motion Study*, revisada, Ronald Press Co., Nueva York, 1945, 383 páginas.
"Hours of Work, Lost Time and Labour Wastage", Industrial Health Research Board, *Emergency Report* 2, His Majesty's Stationery Office, Londres, 1943.
Hoxie, R. F., *Scientific Management and Labor*, D. Appleton & Co., Nueva York, 1915, 302 páginas.
Handbook of Human Engineering Data, 2.ª ed., Institute for Applied Experimental Psychology, Tufts College, Medford, Massachusetts, 1951.
Hunt, E. E. (director de la edición), *Scientific Management Since Taylor; a Collection of Authoritative Papers*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1924, 263 páginas.
Immer, John R., *Materials Handling*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1953, 570 páginas.
Immer, John R., *Layout Planning Techniques*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1950, 430 páginas.
Industrial Engineering Institute Proceedings, University of California, Los Angeles, anualmente desde 1950.
Industrial Management Society, *Proceedings of the Time and Motion Study Clinic*, Chicago, anualmente desde 1938.
Ireson, W. G., *Factory Planning and Plant Layout*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1952, 359 páginas.
Ireson, W. G., y Eugene L. Grant (directores de la edición), *Handbook of Industrial Engineering and Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955, 1.203 páginas.
Juran, J. M., *Quality Control Handbook*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1951.

Juran, J. M., *Bureaucracy, a Challenge to Better Management*, Harper & Brothers, Nueva York, 1944, 138 páginas.
Karger, D. W., y F. H. Bayna, *Engineered Work Measurement*, The Industrial Press, Nueva York, 1957, 635 páginas.
Karpovich, Peter V., *Physiology of Muscular Activity*, 4.ª ed., W. B. Saunders Co., Filadelfia, 1953, 340 páginas.
Kennedy, Van Dusen, *Union Policy and Incentive Wage Methods*, Columbia University Press, Nueva York, 1945, 260 páginas.
Knox, F. M., *Design and Control of Business Forms*, Mc-Graw-Hill Book Co., Nueva York, 1952, 226 páginas.
Koepke, C. A., y L. S. Whitson, "Power and Velocity Developed in Manual Work", Instituto de Tecnología, *Technical Paper* 18, Universidad de Minesota, Minneapolis, 1940.
Kosma, A. R., *The A.B.C.'s of Motion Economy*, Institute of Motion Analysis and Human Relations, Newark, Nueva Jersey, 1943, 133 páginas.
Krick, E. V., *Methods Engineering*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1962, 530 páginas.
Laban, R. von, *Effort*, MacDonald & Evans, Londres, 1947, 88 páginas.
Landsberger, Henry A., *Hawthorne Revisited*, Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, 1958, 119 páginas.
Langsner, Adolph, y H. G. Zollitsch, *Wage and Salary Administration*, South West Publishing Co., Cincinnati, 1961, 726 páginas.
Lee, F. S., *The Human Machine and Industrial Efficiency*, Longmans, Green & Co., Nueva York, 1919, 119 páginas.
Leffingwell, W. H., y E. M. Robinson, *Textbook of Office Management*, 3.ª edición, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1950, 649 páginas.
Lehrer, R. N., *Work Simplification*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1957, 394 páginas.
Lesieur, Frederick G., *The Scanlon Plan*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1958, 173 páginas.
Lesperance, J. P., *Economics and Techniques of Motion and Time Study*, William C. Brown Co., Dubuque, Iowa, 1953, 258 páginas.
Levin, H. S., *Office Work and Automation*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1956, 203 páginas.
Lichtner, W. O., *Time Study and Job Analysis*, Ronald Press Co., Nueva York, 1921, 397 páginas.
Lincoln, J. F., *Incentive Management*, Lincoln Electric Co., Cleveland, Ohio, 1952, 280 páginas.
Lincoln, J. F., *Lincoln's Incentive System*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1946, 192 páginas.
Lindquist, E. F., *A First Course in Statistics*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1942.
Louden, J. K., y J. W. Deegan, *Wage Incentives*, 2.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1959, 227 páginas.
Lowry, S. M., H. B. Maynard, y G. J. Stegemerten, *Time and Motion Study*, 3.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1940, 432 páginas.
Luckiesh, M., *Seeing and Human Welfare*, Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1934, 193 páginas.
Lytle, C. W., *Job Evaluation Methods*, 2.ª ed., Ronald Press Co., Nueva York, 1954, 507 páginas.
Lytle, C. W., *Wage Incentive Methods*, Ronald Press Co., Nueva York, 1942, 462 páginas.
Malcolm, D. G., A. J. Rowe, y L. F. McConnell (directores de la edición), *Management Control Systems*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1960, 375 páginas.
Mallick, R. W., y A. T. Gaudreau, *Plant Layout: Planning and Practice*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1951, 391 páginas.

Mathewson, Stanley B., *Restriction of Output Among Unorganized Workers,* Viking Press, Nueva York, 1931, 212 páginas.
Maynard, H. B. (director de la edición), *Top Management Handbook,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1960, 1236 páginas.
Maynard, H. B. (director de la edición), *Industrial Engineering Handbook,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1956.
Maynard, H. B., G. J. Stegemerten, y J. L. Schwab, *Methods-Time Measurement,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1948, 229 páginas.
Maynard, H. B., y G. J. Stegemerten, *Guide to Methods Improvement,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1944, 82 páginas.
Maynard, H. B., y G. J. Stegemerten, *Operation Analysis,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1939, 298 páginas.
Mayo, Elton, *The Human Problems of an Industrial Civilization,* 2.ª ed., Harvard University Press, Cambridge, 1946.
Mayo, Elton, *The Social Problems of an Industrial Civilization,* Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston, 1945, 150 páginas.
McLachlan, N. W., *Noise,* Oxford University Press, Londres, 1935, 148 páginas.
Melman, Seymour, *Dynamic Factors in Industrial Productivity,* John Wiley & Sons, Nueva York, 1956, 238 páginas.
Merrick, Dwight V., *Time Studies as a Basis for Rate Setting,* Engineering Magazine Co., Nueva York, 1920, 366 páginas.
Metzger, R. W. *Elementary Mathematical Programming,* John Wiley & Sons, Nueva York, 1958, 246 páginas.
Michael, L. B., *Wage and Salary Fundamentals and Procedures,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1950.
Miles, G. H., *The Problem of Incentives in Industry,* Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1932, 58 páginas.
Miles, G. H., *The Will to Work,* George Routledge & Sons, Londres, 1929, 80 páginas.
Miles, L. D., *Techniques of Value Analysis and Engineering* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1961, 267 páginas.
Moede, W., *Arbeitstechnik (Work Technique),* Ferdinand Enke Veriag, Stuttgart, 1935, 267 páginas.
Mogensen, A. H., *Common Sense Applied to Motion and Time Study,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1932, 228 páginas.
Moore, J. M., *Plant Layout and Design,* MacMillan Co., Nueva York, 1961, 644 páginas.
Morrow, R. L., *Motion Economy and Work Measurement,* Ronald Press, Nueva York, 1957, 468 páginas.
Morse, P. M., y G. E. Kimball, *Methods of Operations Research,* John Wiley & Sons, Nueva York, 1951, 158 páginas.
Mosso, A., *Fatigue,* G. P. Putnam's Sons, Nueva York, 1904, 334 páginas.
Mundel, M. E., *Motion and Time Study,* 3.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1960, 690 páginas.
Mundel, M. E., *Systematic Motion and Time Study,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1947, 232 páginas.
Münsterberg, H., *Psychology and Industrial Efficiency,* Houghton Mifflin Co., Nueva York, 1913, 321 páginas.
Musico, B., *Lectures on Industrial Psychology,* George Routledge & Sons, Londres, 1920, 300 páginas.
Muther, Richard, *Practical Plant Layout,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1955, 384 páginas.
Muther, Richard, *Production-Line Technique,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1944, 320 páginas.

Myers, C. S. (director de la edición), *Industrial Psychology,* Thornton Butterworth, Londres, H. Holt & Co., Nueva York, 1930, 252 páginas.
Myers, C. S., *Industrial Psychology in Great Britain,* Jonathan Cape, Londres, 1926, 164 páginas.
Myers, C. S., *Mind and Work,* G. P. Putnam's Sons, Nueva York y Londres, 1921, 175 páginas.
Myers, H., *Human Engineering,* Harper & Brothers, Nueva York, 1932, 318 páginas.
Myers, H. J., *Simplified Time Study,* Ronald Press Co., Nueva York, 1944, 140 páginas.
Nadler, Gerald, *Work Design,* Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, 1963, 837 páginas.
Nadler, Gerald, *Work Simplification,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1957, 292 páginas.
Nadler, Gerald, *Motion and Time Study,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1955, 612 páginas.
Nadworny, Milton, *Scientific Management and the Unions,* Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1955, 187 páginas.
National Industrial Conference Board, "Industrial Engineering Organization and Practices", *Studies in Business Policy,* núm. 78, Nueva York, 1956, 56 páginas.
National Office Management Association, *Manual of Practical Office Time Savers,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1957, 256 páginas.
National Research Council, *Fatigue of Workers: Its Relation to Industrial Production,* Reinhold Publishing Corp., Nueva York, 1941, 165 páginas.
National Time and Motion Study Clinic, *Proceedings of the Time and Motion Study Clinic,* anualmente desde 1938, Industrial Management Society, Chicago.
Nickerson, J. W., y J. H. Eddy (compiladores), *A Handbook on Wage Incentive Plans,* Management Consultant Division, War Production Board, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1945.
Niebel, B. W., *Motion and Time Study,* 3.ª ed., Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, 1962, 568 páginas.
Nordhoff, W. A., *Machine Shop Estimating,* 2.ª ed. McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1960, 528 páginas.
Nyman, R. C., y E. D. Smith, *Union-Management Cooperation in the Stretch Out,* Yale University Press, Nueva Haven, 1934, 210 páginas.
Pappas, F. G., y R. A. Dimberg, *Practical Works Standards,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1962, 223 páginas.
Parton, J. A., *Motion and Time Study Manual,* Conover-Mast Publications, Nueva York, 1952, 400 páginas.
Patton, John A. (director de la edición), *Manual of Industrial Engineering Procedures,* William C. Brown Co., Dubuque, Iowa, 1955, 144 páginas.
Payne, Matthew A., *The Fatigue Allowance in Industrial Time Study,* Matthew A. Payne, 1949, 66 páginas.
Pear, T. H., *Fitness for Work,* University of London Press, Londres, 1928, 187 páginas.
Pear, T. H., *Skill in Work and Play,* E. P. Dutton & Co., Nueva York, 1924, 107 páginas.
Poffenberger, A. T., *Principles of Applied Psychology,* Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1942.
Presgrave, R., *The Dynamics of Time Study,* 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1945, 238 páginas.
Presgrave, Ralph, y G. B. Bailey, *Basic Motion Timestudy,* McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1958, 195 páginas.

Proceedings of the Annual Time Study and Methods Conference, Society for Advancement of Management, Nueva York, anualmente desde 1946.
Production Standards from Time Study Analysis, Local núm. 2, UAW-CIO and the Murray Corporation of America, Detroit, Michigan, 1942, 103 páginas.
Quick, J. H., J. H. Duncan y J. A. Malcolm, Jr., *Work-Factor Time Standards*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1962, 458 páginas.
Reed, R., *Plant Layout: Factors, Principles and Techniques*, Richard D. Irwing, Homewood, Illinois, 1961, 459 páginas.
Rice, W. B., *Control Charts in Factory Management*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1947, 149 páginas.
Riegel, J. W., *Management, Labor, and Technological Change*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1942, 187 páginas.
Riegel, J. W., *Wage Determination*, University of Michigan Press, Ann Arbor, revisada 1941, 138 páginas.
Riegel, J. W., *Salary Determination*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1940, 278 páginas.
Roethlisberger, F. J., *Management and Morale*, Harvard University Press, Cambridge, 1941, 194 páginas.
Roethlisberger, F. J., y W. J. Dickson, *Management and the Workers*, Harvard University Press, Cambridge, 1940, 615 páginas.
Ryan, T. A., *Work and Effort*, Ronald Press Co., Nueva York, 1947, 323 páginas.
Sampter, H. C., *Motion Study*, Pitman Publishing Co., Nueva York, 1941, 152 páginas.
Sasieni, M., A. Yaspan y L. Friedman, *Operations Research*, John Wiley & Sons, 1959, 316 páginas.
Schell, E. H., y F. F. Gilmore, *Manual for Executives and Foremen*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1939, 185 páginas.
Schlaifer, R., *Probability and Statistics for Business Decisions*, McGraw-Hill Book., Co., Nueva York, 1959.
Schutt, W. H., *Time Study Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1943, 426 páginas.
Scott, M. G., *Analysis of Human Motion*, A. S. Barnes & Co., Nueva York, 1942.
Shaw, Anne G., *An Introduction to the Theory and Application of Motion Study*, Harlequin Press, Londres, 1953, 37 páginas.
Shaw, Anne G., *The Purpose and Practice of Motion Study*, 2.ª ed., Columbine Press, Londres, 1960, 324 páginas.
Shevlin, J. D., *Time Study and Motion Economy for Supervisors*, National Foremen's Institute, Deep River, Connecticut, 1945, 73 páginas.
Shubin, J. A., y H. Madenheim, *Plant Layout*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1951, 433 páginas.
Shumard, F. W., *A Primer of Time Study*. McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1940, 519 páginas.
Slichter, Sumner, *Union Policies and Industrial Management*, Brookings Institution, Washington, D. C., 1941.
Smalley, H. E., *Motion and Time Study Laboratory Manual*, William C. Brown Co., Dubuque, Iowa, 1948.
Smith, E. D., *Technology and Labor*, Yale University Press, Nueva Haven, 1939, 222 páginas.
Smith, May, *The Handbook of Industrial Psychology*, Philosophical Library, Nueva York, 1944.
Society for Advancement of Management, *Collective Agreements in Time and Motion Study*, Nueva York, 1954, 46 páginas.
Society for Advancement of Management, *Glossary of Terms Used in Methods, Time Study and Wage Incentives*, Nueva York, 1952.

Society for Advancement of Management, *Proceedings of Time Study and Methods Conference*, SAM-ASME, Nueva York, anualmente desde 1946.
Spriegel, William R., y C. E. Myers (directores de la edición), *The Writings of the Gilbreths*, Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, 1953, 513 páginas.
Starr, M. K., y D. W. Miller, *Inventory Control: Theory and Practice*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1962, 354 páginas.
Stivers, C. L., "Experience in Retraining on the Dvorak Keyboard", American Management Association, *Supplementary Office Management Series*, núm. 1, Nueva York, 1941, 12 páginas.
Stocker, H. E., *Materials Handling*, 2.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1951, 330 páginas.
Sylvester, L. A., *The Handbook of Advanced Time-Motion Study*, Funk & Wagnalls Co., Nueva York, 1950, 273 páginas.
Taylor, F. W., *Scientific Management; Comprising Shop Management, Principles of Scientific Management, and Testimony before Special House Committee*, Harper & Brothers, Nueva York, 1947.
Taylor, F. W., *The Principles of Scientific Management*, Harper & Brothers, Nueva York, 1911, 144 páginas.
Taylor, F. W., "On the Art of Cutting Metals", *Transactions of the ASME*, Vol. 28, páginas 31-350, 1907.
Taylor, F. W., *Shop Management*, Harper & Brothers, Nueva York, 1919, 207 páginas, reimpreso de *Transactions of the ASME*, Vol. 24, páginas 1.337-1.480, 1903.
Taylor Society, *Scientific Management in American Industry*, Harper & Brothers, Nueva York, 1929, 472 páginas.
Thompson, C. B. (director de la edición), *Scientific Management*, Harvard University Press, Cambridge, 1914, 878 páginas.
Thuesen, H. G., *Engineering Economy*, 2.ª ed., Prentice-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1957, 581 páginas.
Tiffin, J., y E. J. McCormick, *Industrial Psychology*, 4.ª ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1958, 584 páginas.
"Time and Motion Study. Investigation of German Radio and Associated Industries", *B.I.O.S. Final Report* 943, Items 1, 7 y 9, British Intelligence Objectives Sub-Committee, 37 Bryanston Square, Londres, W. 1, 1946, 110 páginas.
Tippett, L. H. C., *Technological Applications of Statistics*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1950, 184 páginas.
UAW-CIO, *The UAW-CIO Looks at Time Study*, International Union, United Automobile, Aircraft and Agricultural Implement Workers of America, Detroit, 1947, 31 páginas.
UAW-CIO, *Production Standards from Time Study Analysis*, International Union, United Automobile, Aircraft and Agricultural Implement Workers of America, Detroit, 1942, 110 páginas.
UAW-CIO, *The A-B-C of Time Study*, International Union, United Automobile, Aircraft and Agricultural Implement Workers of America, Detroit, 39 páginas.
Uhrbrock, R. S., "A Psychologist Looks at Wage-Incentive Methods", *Institute of Management Series*, núm. 15, American Management Association, Nueva York, 1935, 32 páginas.
United Electrical, Radio and Machine Workers of America, *U. E. Guide to Wage Payment Plans, Time Study and Job Evaluation*, 1943, 128 páginas.
University of California, *Proceedings of Industrial Engineering Institute*, University of California, Los Angeles, anualmente desde 1950.
Urwick, L. (director de la edición), *The Golden Book of Management*, Newman Neame, Londres, 1956, 298 páginas.
Urwick, L., y E. F. L. Brech, *The Making of Scientific Management*, Vol. 1, *Thirteen Pioneers*, Management Publications Trust, Londres, 1945, 196 páginas.

Van Doren, H. L., *Industrial Design*, 2.ª ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1954, 379 páginas.
Vaughan, L. M., y L. S. Hardin, *Farm Work Simplification*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1949, 145 páginas.
Vernon, H. M., *The Health and Efficiency of Munitions Workers*, Oxford University Press, Londres, 1940, 138 páginas.
Vernon, H. M., *The Shorter Working Week*, G. Routledge & Sons, Londres, 1934, 201 páginas.
Vernon, H. M., *Industrial Fatigue and Efficiency*, G. Routledge & Sons, Londres, 1921, 264 páginas.
Viteles, M. S., *Motivation and Morale in Industry*, Norton & Co., Nueva York, 1953, 510 páginas.
Viteles, M. S., *The Science of Work*, Norton & Co., Nueva York, 1934, 442 páginas.
Viteles, M. S., *Industrial Psychology*, Norton & Co., Nueva York, 1932, 652 páginas.
Von Fange, E. K., *Professional Creativity*, Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N. J., 1959, 260 páginas.
Von Neumann, J., y O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, 3.ª ed., Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, 1953, 641 páginas.
Walker, C. R., y R. H. Guest, *The Man on the Assembly Line*, Harvard University Press, Cambridge, 1952, 180 páginas.
Walker, C. R.; R. H. Guest, y A. N. Turner, *The Foreman on the Assembly Line*, Harvard University Press, Cambridge, 1956, 197 páginas.
Walker, C. R., y A. G. Walker, *Modern Technology and Civilization*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1962, 469 páginas.
Watson, W. F., *Machines and Men*, Allen & Unwin, Londres, 1935, 226 páginas.
Watson, W. F., *The Worker and Wage Incentives*, Hogarth Press, Londres, 1934, 46 páginas.
Watts, F., *An Introduction to the Psychological Problems of Industry*, Allen & Unwin, Londres, 1921, 240 páginas.
Wechsler, David, *The Range of Human Capacities*, 2.ª ed., Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1952, 190 páginas.
Welch, H. J., y G. H. Miles, *Industrial Psychology in Practice*, Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1932, 249 páginas.
Welch, H. J., y C. S. Myers, *Ten Years of Industrial Psychology—an Account of the First Decade of the National Institute of Industrial Psychology*, Sir Isaac Pitman & Sons, Londres, 1932, 146 páginas.
Whitehead, T., *Leadership in a Free Society*, Harvard University Press, Cambridge, 1947, 266 páginas.
Whitehead, T., *The Industrial Worker*, Harvard University Press, Cambridge, 1938, dos volúmenes.
Whiting, C. S., *Creative Thinking*, Reinhold Publishing Co., Nueva York, 1958, 168 páginas.
Whyte, W. F., *Men at Work*, Richard D. Irwin, Homewood, Ill., 1961, 393 páginas.
Whyte, William F., *Money and Motivation: An Analysis of Incentives in Industry*, Harper & Brothers, Nueva York, 1955, 268 páginas.
Wiener, Norbert, *The Human Use of Human Beings, Cybernetics and Society*, ed. revisada, Houghton Mifflin Co., Boston, 1954, 199 páginas.
Wiener, Norbert, *Cybernetics; Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2.ª ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1961, 212 páginas.

Woodson, W. E., *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, University of California Press, Berkeley, 1954.
Yost, Edna, *Frank and Lillian Gilbreth: Partners for Life*, Rutgers University Press, New Brunswick, Nueva Jersey, 1949, 372 páginas.

PUBLICACIONES PERIODICAS

Advanced Management, publicación mensual, Society for Advancement of Management and National Office Management Association, 74 Fifth Ave., Nueva York 11, N. Y.
Automation, publicada cinco veces, The Penton Publishing Co., Cleveland 13, Ohio.
Data Processing, publicación mensual, American Data Processing, Inc., Detroit 26, Mich.
Ergonomics, publicación trimestral, Ergonomics Research Society and the International Ergonomics Association, Taylor & Francis Ltd., Red Lion Court, Fleet Street, Londres, E.C., 4.
Factory Management and Maintenance, publicación mensual, McGraw-Hill Publishing Co., Inc., 330 West 42nd St., Nueva York 36, N. Y.
Harvard Business Review, publicación bimensual, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Soldiers Field, Boston 63, Mass.
Human Organization, publicación trimestral, Society for Applied Anthropology, Rand Hall, Cornell University, Ithaca, N. Y.
Industrial Quality Control, publicación mensual, American Society for Quality Control, Inc., Milwaukee 3, Wis.
International Journal of Production Research, publicación trimestral, The Institution of Production Engineers, 10 Chesterfield Street, Mayfair, Londres W. 1.
Journal of Applied Psychology, publicación bimensual, American Psychological Association, 1333 Sixteenth St., N.W., Washington 6, D. C.
Journal of Industrial Engineering, publicación bimensual, American Institute of Industrial Engineers, Inc., 345 East 47th Street, Nueva York, 17, N. Y.
Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, publicación trimestral, Society for Industrial and Applied Mathematics, Filadelfia 1. Pa.
Management Record, publicación mensual, National Industrial Conference Board, 460 Park Ave., Nueva York, 22, N. Y.
Material Handling Engineering, publicación mensual, Industrial Publishing Corp., 812 Huron Rd., Cleveland 15, Ohio.
Mechanical Engineering, publicación mensual, American Society of Mechanical Engineers, 345 East 47 th St., Nueva York 17, N. Y.
Mill and Factory, publicación mensual, Conover-Mast Corp., 205 East 42 nd St., Nueva York, 11, N. Y.
Modern Materials Handling, publicación mensual, Materials Handling Laboratories, Inc., 795 Boylston St., Boston 16, Mass.
N.A.A. Bulletin, publicación mensual, National Association of Cost Accountants, 505 Park Ave., Nueva York 22, N. Y.
Operations Research, publicación semestral, Operations Research Society of America, Mount Royal and Guilford Avenues, Baltimore 2, Md.
Operational Research Quarterly, Pergamon Press, Ltd, Headington Hill Hall, Oxford, Inglaterra.
Personnel Administration, publicación bimensual, Society for Personnel Administration, 1221 Connecticut Ave., N.W.., Washington 6, D. C.
Personnel Journal, publicación mensual, Personnel Journal, Inc., 100 Park Avenue, Swarthmore, Penn.

Psychological Abstracts, publicación bimensual, American Psychological Association, 1333 Sixteenth St., N.W., Washington 6, D. C.
The Production Engineer, publicación mensual, Institution of Production Engineers, 10 Chesterfield St., Londres W. 1.
Time and Motion Study, publicación mensual, Sawtell Publications, Ltd., Londres, E. C. 4.

TRADUCCIONES DE LIBROS DE RALPH M. BARNES

EN CASTELLANO

Estudio de Movimientos y Tiempos (de la 3.ª ed. americana), traducido por Carlos Paz Shaw. Publicado por Aguilar, S. A. de Ediciones, Madrid, España, 5.ª ed. 1964, 576 páginas.
La técnica del muestreo aplicada a la medida del trabajo (de la 2.ª ed. americana), traducido por Anselmo Calleja Siero. Publicado por Aguilar, S. A. de Ediciones, Madrid, España, 1962, 302 páginas.
Manual de Métodos de Trabajo, traducido por Saturnino Alvarez. Introducción por Fermín de la Sierra. Publicado por Aguilar, S. A. de Ediciones, Madrid, España, 5.ª ed. 1965, 158 páginas.

EN OTROS IDIOMAS

Étude des Mouvements et des Temps, 3.ª ed., traducido por el Bureau des Temps Élémentaires. Publicado por Les Editions d'Organisation, 8 Rue Alfred de Vigny, París 8e, Francia, 1953, 560 páginas.
Studio dei Movimenti e dei Tempi, traducido por Giorgio Deangeli. Publicado por Edizioni di Comunita, Vía Manzoni, 12, Milán, Italia, 1955, 380 páginas.
Practique des Observations Instantanées, traducido por el Bureau des Temps Elémentaires. Publicado por Les Editions d'Organisation, 8 Rue Alfred de Vigny, París, 8e, 321 páginas, 1958.
Motion and Time Study, 4.ª edición, traducido al japonés por Mayumi Otsubo. Publicado por Nikkan Kogyo Shimbun-Sha, núm. 1, 1-chome Iidamachi, Chiyoda-Ku, Tokio, Japón, 1960, 658 páginas.
Étude des Mouvements et des Temps, 4.ª edición, traducido por M. Maze-Sencier y el Bureau des Temps Elémentaires. Publicado por Les Editions d'Organisation, 8 Rue Alfred de Vigny, París, 8e, Francia, 1960, 749 páginas.
Work Sampling, 2.ª edición, traducido al japonés por Masakazu Tamai. Publicado por Nikkan Kogyo Shimbun-Sha, núm. 1, 1-chome Iidamachi, Chiyoda-Ku, Tokio, Japón, 348 páginas, 1961.
Industrial Engineering, traducido al japonés y publicado por Nippon Noritsu Kyokai, New Ohtemachi Building, 2-4, Ohtemachi, Chiyoda-Ku, Tokio, Japón, 1961, 115 páginas.
Motion and Time Study, 4.ª edición, traducido al portugués por el Ing. Edgard Blucher, Editor de Livros Tecnicos, Caixa Postal 5450, Sao Paulo 2, Brasil.
Motion and Time Study, 4.ª edición, traducido al servio-croata por Privredna-Jugoslovenska Autorska Agencija, Zagreb, Yugoslavia.

EDITADO EN LENGUA INGLESA, FUERA DE ESTADOS UNIDOS

Motion and Time Study, 4.ª edición, Modern Asia edition. Publicado por Charles E. Tuttle Company, 15 Edogawa-Cho, Bunkyo-ku, Tokio, Japón, 1960, 665 páginas.

PELICULAS

EN COLOR Y SONORAS, 16 MM.

"The Foreman Discovers Motion Study" (El mando intermedio descubre el estudio de movimientos). Tiempo de proyección, 16 minutos.
"Introduction to Work Sampling" (Introducción al muestreo de trabajo). Tiempo de proyección, 19 minutos.
"Making A Work Sampling Study" (Realización de un estudio de muestreo de trabajo). Tiempo de proyección, 23 minutos.
"Establishing Work Standards By Sampling" (Establecimiento de normas de trabajo por muestreo). Tiempo de proyección, 25 minutos.

Las películas citadas se venden y alquilan por la University of California Extension, Berkeley, 4, California.

EN BLANCO Y NEGRO, 16 MM.

"Unit I Work Measurement Films" (Películas de medida de trabajo, I), 5 rollos.
"Unit II Work Measurement Films" (Películas de medida de trabajo, II), 6 rollos.

Las películas citadas las vende Campbell's Book Store, Los Angeles 24, California.

ILUSTRACIONES TOMADAS DE OTROS LIBROS DEL AUTOR

Las siguientes ilustraciones han sido tomadas del *Manual de Métodos de Trabajo,* de R. M. Barnes, publicado por Aguilar, S. A. de Ediciones: Figuras 17, 18, 25, 26, 27, 30, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 84, 85, 86, 87, 88, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 141, 142, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 166, 167, 178, 179, 245.

De *Work Methods Training Manual,* 2.ª ed., por Ralph M. Barnes, publicado por Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa: Figuras 235 y 327.

De *Work Measurement Manual,* 3.ª ed., por Ralph M. Barnes, publicado por Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa: Figuras 319, 320, 322, 323.

INDICES ALFABETICOS

INDICE DE AUTORES

INDICE DE MATERIAS